

Campagne de mesure de la qualité de l'air sur la Communauté de Communes des Portes du Haut-Doubs

Impact du chauffage bois

Décembre à avril 2023



Portes du Haut-Doubs
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES



Atmo Bourgogne-Franche-Comté est l'association agréée par le Ministère en charge de l'Environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en région Bourgogne-Franche-Comté. Elle a pour principales missions :

Décliner et mettre en œuvre la stratégie de surveillance de la qualité de l'air de l'État français. Cela consiste en grande partie à produire des données (mesures, données d'émissions et de modélisation) qui répondent aux attentes qualitatives et quantitatives de l'Union Européenne ;

Prévoir les pics de pollution et diffuser l'information et les recommandations sanitaires ;

Sensibiliser la population et les décideurs aux enjeux sanitaires liés à la qualité de l'air ;

Réaliser des études prospectives dans le domaine de l'air (nouveaux polluants, nouvelles sources, nouvelles expositions...);

Réaliser des diagnostics et des prospectives pour aider à la décision à court, moyen et long terme ;

Accompagner les acteurs locaux pour atteindre le respect des normes en vigueur.

Conditions d'utilisation du rapport

La diffusion ou la réutilisation des données est libre dans les conditions suivantes :

Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté. Toute utilisation partielle ou totale doit faire référence à Atmo Bourgogne-Franche-Comté et au présent rapport ;

Le rapport ne sera pas forcément rediffusé en cas de modification ultérieure. En cas de remarques ou questions, prenez contact avec Atmo Bourgogne-Franche-Comté ;

Sur demande, Atmo Bourgogne-Franche-Comté met à disposition les caractéristiques techniques des mesures et les méthodes d'exploitation des données.

Rédaction du rapport : Victoria Vienot Cartier

Validation du document : Hélène Tissot

Crédit visuels : © Antoine Bardelli – Atmo BFC

Sommaire

Résumé	6
1. Contexte et objectif	7
2. Composés ciblés par l'étude.....	8
2.1. Les particules fines (PM)	8
2.1.1. Sources	8
2.1.2. Impact sur la santé.....	9
2.1.3. Réglementation.....	9
2.2. Black carbon (BC).....	10
2.2.1. Sources	10
2.2.2. Impact sur la santé.....	10
2.2.3. Impact sur le climat.....	10
2.2.4. Black carbon	11
2.3. Les oxydes d'azote (NOx)	11
2.3.1. Sources	11
2.3.2. Impact sur la santé.....	12
2.3.3. Réglementation.....	12
3. Stratégie de mesure	13
3.1. Stratégie spatiale	13
3.2. Moyens de mesure.....	15
3.2.1. Station de mesure mobile (Valdahon).....	15
3.2.2. Microcapteurs	15
3.3. Stratégie temporelle.....	16
3.4. Exploitation des résultats.....	16
3.4.1. Niveaux de référence observés au sein de la CCPHD.....	16
3.4.1.1 Données de la station de mesure mobile (Valdahon)	16
3.4.1.2 Interprétation des données Black Carbon	17
3.4.2. Etude des variations locales au sein de la CCPHD	17
3.4.2.1 Robustesse des mesures.....	17
3.4.2.2 Impact de l'humidité	18
3.4.2.3 Analyse des données.....	18
4. Focus sur le chauffage bois	18
Données météorologiques	20

5.	20	
5.1.	Températures et précipitations	20
5.2.	Rose des vents	21
6.	Niveaux de références observés sur la CCPHD	21
6.1.	Les particules	21
6.1.1.	Données globales et comparaison aux seuils réglementaires.....	21
6.1.1.1	PM10	22
6.1.1.2	PM2,5	25
6.1.1.	Evolution des concentrations sur la période d'étude	27
6.1.1.1	PM10	28
6.1.1.2	PM2,5	29
6.1.1.	Analyse du profil journalier horaire	29
6.1.1.1	PM10	29
6.1.1.2	PM2,5	30
6.2.	Le black carbon (BC).....	30
6.2.1.	Comparaison aux autres stations de mesure de la région	30
6.2.1.	Evolution de l'origine des particules PM10 au fil de la campagne.....	31
6.2.2.	Evolution de l'origine des particules PM10 au cours d'une journée.....	33
6.3.	Dioxyde d'azote (NO ₂).....	34
6.3.1.	Données globales et comparaison aux seuils réglementaires.....	34
6.3.1.	Evolution des concentrations sur la période d'étude	35
6.3.2.	Analyse du profil journalier horaire	36
6.4.	Conclusion sur l'étude des niveaux de Valdahon.....	36
7.	Etude des variations locales au sein de la CCPHD	37
	Analyse inter-sites.....	37
7.1.	37	
7.1.1.	Niveaux moyens.....	38
7.1.2.	Evolution journalières	39
7.1.1.	Profil journalier horaire.....	41
7.2.	Analyse par site	42
8.	Conclusion concernant l'impact du chauffage bois sur la qualité de l'air de la CCPHD	42
Annexes		44
	Annexe 1 : Présentation des stations de mesure mobile	44

Annexe 2 : Vérification de la robustesse des mesures par microcapteur	46
Annexe 3 : Exemple de l'impact de l'humidité sur les niveaux.....	48
Annexe 4 : Conditions météorologiques sur les sites de mesure du réseau Atmo.....	49
Annexe 5 : Analyse par site.....	49

Table des illustrations

Figure 1 : Comparaison de la taille des particules à la taille d'un cheveu.....	8
Figure 2 : Emissions de PM10 et PM2,5 par secteur sur la CCPHD (inventaire 2018).....	9
Figure 3 : Emissions de NOx par secteur sur la CCPHD (inventaire 2018).....	11
Figure 4 : Exemple de critère pris en compte pour la sélection des sites « Pourcentage de bois résidentiel dans les émissions totales de PM10 ».....	14
Figure 5 : Station mobile implantée sur Valdahon (à gauche) et capteurs implantés à Flangebouche (à droite).....	15
Figure 6 : Nombre de résidence utilisant le bois comme combustible principale	19
Figure 7 : Variations temporelles des températures moyennes journalières (°C) et cumuls journaliers des précipitations (mm) lors de la campagne de mesure	20
Figure 8 : Caractérisation de la provenance (°N) et de la vitesse des vents (m/s) en ‰ durant la campagne.....	21
Figure 9: Niveaux moyens journalier en PM10.....	22
Figure 10 : Age du parc de logements collectifs et individuels sur Lure, Montbéliard, Baume-les-Dames, Valdahon Besançon et Dijon.....	24
Figure 11 : Niveaux moyens journalier en PM2,5.....	25
Figure 12 : Evolution des concentrations journalières en PM10 et PM2,5	27
Figure 13 : Schéma illustrant une inversion thermique.....	28
Figure 14 : Profil journalier horaire en PM10	29
Figure 15 : Profil journalier horaire en PM2,5	30
Figure 16 : Origine des particules PM10.....	31
Figure 17 : Evolution de l'origine des particules PM10 au cours de la campagne de mesure..	32
Figure 18 : Evolution de l'origine des particules PM10 au cours de la journée sur Valdahon..	33
Figure 19 : Niveaux moyens journalier en NO ₂	34
Figure 20 : Niveaux moyens journaliers en NO ₂	35
Figure 21 : Profil journalier horaire en NO ₂	36
Figure 22 : Concentrations moyennes en PM2.5 et PM10 sur les sites de la CCPHD, la ligne grise en pointillé correspond à la moyenne enregistrée sur l'ensemble des sites.....	38
Figure 23 : Evolutions journalières des concentrations de PM2.5 et PM10 sur les stations de la CCPHD au cours de la campagne de mesure.....	40
Figure 24 : Profils journaliers horaires pour les PM2.5 et PM10.....	41
Tableau 1 : Seuils réglementaires s'appliquant aux particules	10
Tableau 2 : Seuils réglementaires s'appliquant au dioxyde d'azote.....	12
Tableau 3 : Présentation succincte des douze sites de mesure.....	13
Tableau 4 : Stations du réseau Atmo utilisées pour la comparaison.....	16
Tableau 5 : Utilisation du chauffage bois sur les différentes communes.....	18

Résumé

Afin de faire le lien avec les mesures portées dans son précédent PCET et de son PCAET actuellement en cours de rédaction, la CCPHD a décidé d'étudier l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air de son territoire. L'objectif étant, à la suite à cette campagne, de sensibiliser les habitants/acteurs locaux aux impacts associés.

Pour répondre à cette demande, 12 sites d'études répartis sur le territoire ont été sélectionnés. Les microcapteurs installés pour une durée de 4 mois (décembre 2022 à avril 2023) ont permis d'évaluer sur l'ensemble des sites les teneurs, ainsi que les évolutions de particules en suspension. De plus, une station de mesure mobile a été installée à Valdahon permettant en complément des particules d'évaluer les concentrations en oxydes d'azotes et en Black Carbon.

L'ensemble des analyses menées dans le cadre de ce rapport a permis d'avoir une vision plus précise de l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air de la CCPHD, et notamment sur les niveaux de particules. Plusieurs points ont été soulignés :

- Les **niveaux de particules mesurés** sur l'ensemble des sites, sauf exception, **sont sous l'influence de l'utilisation du chauffage résidentiel**. En effet, les profils journaliers horaires observés sont caractéristiques de cette influence, avec des élévations de concentrations enregistrées en début de matinée et en fin de journée pouvant être associées aux heures d'utilisation du chauffage domestique.
- Si les évolutions au cours de la campagne suivent globalement les mêmes tendances, **l'impact du chauffage au bois semble plus marqué sur certains sites**, c'est notamment le cas sur Orchamps-Vennes, Pierrefontaine-les-Varans, Bouclans et Guyans-Vennes (données microcapteurs à considérer avec précaution). Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ces disparités, typologie du site (exemple : configuration en cuvette à Guyans-Venne), performance et ancienneté du système de chauffage, son entretien, la qualité des combustibles, l'isolation des logements ... **Les niveaux hivernaux mesurés restent cependant conformes aux valeurs réglementaires en vigueur, et ce, sur l'ensemble des stations.**
- L'analyse de ces données souligne que, **même les petits villages ne sont pas épargnés**. En effet les résultats ne montrent pas de lien entre le nombre d'habitant (et/ou le nombre de logement se chauffant au bois) et les concentrations mesurées. Sur Villers-Chief par exemple, village rural et peu peuplé, les concentrations sont supérieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. En effet, dans les petits villages, où le bois est souvent le combustible principal, les émissions tendent à être concentrées sur un secteur plus restreint, au cœur du village.
- **L'étude de cas menée sur Les Premiers-Sapins-Nods** (voir fiche site) visait à étudier **la contribution de la chaufferie bois aux concentrations mesurées**. Le capteur étant en effet implanté à proximité de la chaufferie (environ 150 m). L'analyse de la rose de pollution

montre que les plus fortes concentrations mesurées ne semble pas provenir uniquement du nord-ouest de la zone, où est implanté la chaufferie. **Ainsi, même si la chaufferie a pu contribuer aux fortes concentrations mesurées, elle n'en est pas l'unique source sur la commune.**

- Enfin, il ne faut pas oublier **l'impact des conditions météorologiques** sur les niveaux observés, quel que soit le polluant mesuré, et les sources d'émissions. En effet, et comme illustré par les évolutions journalières au cours de la campagne, certaines périodes sont marquées par des niveaux relativement élevés de polluants. Ces périodes de fortes concentrations sont associées à des conditions météorologiques anticycloniques (absence de vent et de précipitation et inversion thermique), conditions propices à l'accumulation de polluants.

1. Contexte et objectif

En 2012, la Communauté de Communes des Portes du Haut-Doubs s'est engagée dans une démarche volontaire de mise en place d'un PCET (Plan Climat-Energie Territorial) ancêtre des PCAET (Plan-Climat-Air-Energie-Territorial). Cet outil de planification visait, au travers de différentes actions, à atténuer l'impact de la CCPHD sur le réchauffement climatique, et à adapter le territoire à ces changements. Mis en place à partir de 2014 pour une durée de 5 ans, ce PCET comportait notamment un volet sur la pérennisation et la valorisation des ressources naturelles locales (Axe 3).

En effet, le territoire comporte un taux de boisement de 34% ce qui représente un atout majeur pour le bois énergie et le bois de construction. Les actions proposées permettaient donc de mettre en valeur cet atout en incitant notamment au développement de parcs de chaufferie, ou encore au développement d'une filière courte de bois-énergie.

Aujourd'hui, la CCPHD travaille sur la mise en place d'un nouveau PCAET. L'un des axes proposés concerne l'économie des ressources et le maintien d'un environnement de qualité pour la santé humaine et la biodiversité. L'objectif de cet axe étant la préservation de la qualité de l'air intérieur et extérieur avec pour but la réduction des émissions de polluants atmosphériques. C'est dans le cadre de cette action qu'Atmo BFC a été mandatée pour réaliser une campagne de mesure de la qualité de l'air.

L'objectif de cette campagne est plus particulièrement d'étudier l'impact du bois-énergie sur la qualité de l'air du territoire, et suite à cette campagne de sensibiliser les habitants/acteurs locaux aux impacts associés. Ainsi, la réalisation de cette campagne permet de faire le lien entre les actions portées par l'ancien PCET et le nouveau PCAET, et s'inscrit donc dans une démarche globale axée sur la transition énergétique.

Pour répondre à cette demande, 12 sites d'études répartis sur le territoire ont été sélectionnés. Les microcapteurs installés pour une durée de 4 mois (décembre 2022 à avril 2023) ont permis d'évaluer sur l'ensemble des sites les teneurs, ainsi que les évolutions de particules en

suspension. De plus, une station de mesure mobile a été installée à Valdahon, permettant en complément des particules d'évaluer les concentrations en oxydes d'azotes et en Black Carbon.

➤ 2. Composés ciblés par l'étude

2.1. Les particules fines (PM)

Les particules en suspension, ou Particulate Matter (PM), sont constituées d'un ensemble très hétérogène de composés : sels, composés carbonés organiques, élément traces, carbones élémentaire

Selon leur granulométrie, on distingue :

- Les PM10, ou particules, dont le diamètre est inférieur à 10 μm
- Les PM2.5, ou particules fines, dont le diamètre est inférieur à 2.5 μm
- Les PM1, ou particules très fines, dont le diamètre est inférieur à 1 μm

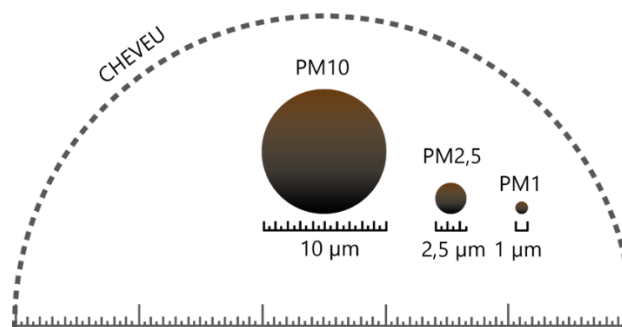
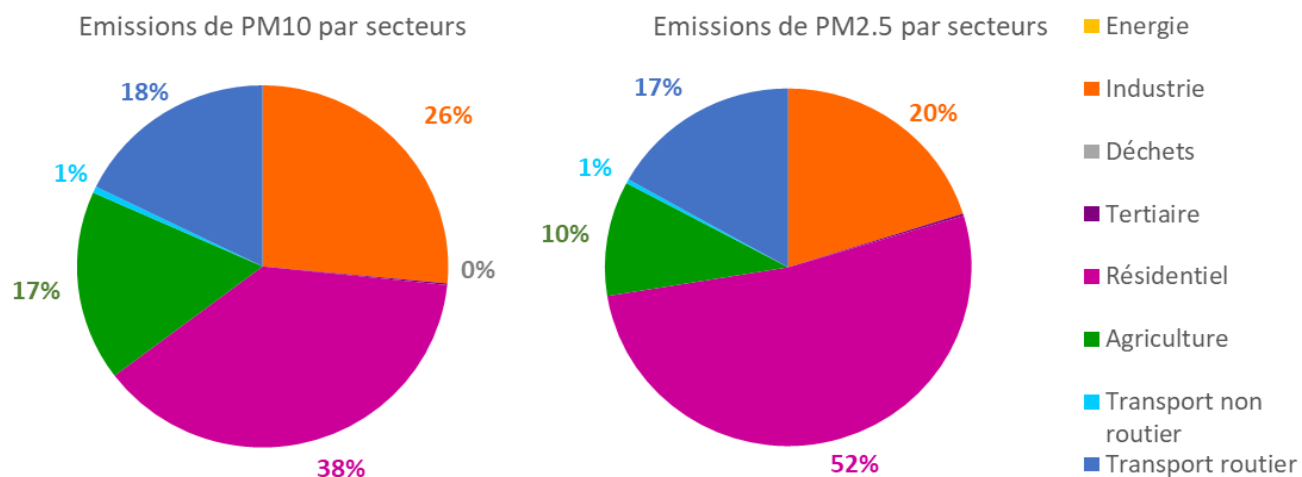


Figure 1 : Comparaison de la taille des particules à la taille d'un cheveu

2.1.1. Sources

Les particules atmosphériques peuvent avoir des origines variées :

- Les rejets directs dans l'atmosphère, par le biais de réactions de combustions incomplètes (véhicules à moteur thermique, chauffage résidentiel, brûlage des déchets, ...) ;
- Les productions par réactions chimiques dans l'atmosphère, à partir de composés gazeux comme le dioxyde d'azote (NO_2) ou le dioxyde de soufre (SO_2) ;
- Les productions par actions mécaniques (remises en suspension sous l'action du vent, abrasion des pneumatiques et plaquettes de frein, ...) ;
- Les sources naturelles, comme les feux de forêts, ou les vents sahariens



Sources : OPTeER - Inventaires 2018

Figure 2 : Emissions de PM10 et PM2,5 par secteur sur la CCPHD (inventaire 2018)

Sur la CCPHD, le secteur résidentiel est responsable de la majorité des émissions de particules (38 à 52%). Trois autres secteurs se partagent les émissions restantes : le secteur industriel, le transport routier et le secteur agricole.

2.1.2. Impact sur la santé

L'impact des particules sur la santé va varier selon leurs tailles. Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures, les plus fines quant à elle atteignent les voies inférieures et peuvent contribuer à l'altération de la fonction respiratoire dans son ensemble. Elles peuvent également transporter des composés nocifs et cancérigènes (plomb, hydrocarbure) ce qui accentue leur toxicité. Les particules atmosphériques sont classées comme cancérigène par le CIRC depuis 2013.

2.1.3. Réglementation

La réglementation en matière des particules repose sur :

- La Directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ;
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Les arrêtés préfectoraux s'appliquant au niveau des zones concernées.

Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), propose des seuils d'évaluation spécifiques pour ce polluant.

Ces différents textes définissent les seuils à prendre en compte pour évaluer un possible impact sanitaire des particules atmosphériques sur la santé. Pour note, les particules PM1 ne sont pas réglementées dans l'air ambiant.

Tableau 1 : Seuils réglementaires s'appliquant aux particules

Particules PM10		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35j/an
		40 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Objectif de qualité pour la santé humaine	30 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	15 µg/m ³ en moyenne annuelle
45 µg/m ³ en moyenne sur 24h		
Pics de pollution	Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³ en moyenne sur 24h
	Seuil d'alerte	80 µg/m ³ en moyenne sur 24h
Particules PM2,5		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	25 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Valeur cible pour la santé humaine	25 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Objectif de qualité pour la santé humaine	10 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
15 µg/m ³ en moyenne sur 24h		

2.2. Black carbon (BC)

2.2.1. Sources

Le « carbone suie » ou « black carbon, est une fraction des particules fines PM_{2,5} issue des réactions de combustions incomplètes de biomasse (chauffage au bois, brûlis) ou de matière fossile (trafic automobile, chauffage au fioul ...). Exception faite des incendies naturels, son émission dans l'atmosphère est donc exclusivement générée par les activités humaines. C'est en cela que le « black carbon » peut être considéré comme un traceur de la pollution d'origine primaire anthropique.

2.2.2. Impact sur la santé

Du fait de leur petite taille, les particules de black carbon présentent des risques pour la santé car elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons puis dans le sang, et ainsi contribuer à des affections cardiovasculaires. Elles servent aussi de vecteurs à différentes substances toxiques voire cancérigènes ou mutagènes (métaux, HAP...).

2.2.3. Impact sur le climat

En suspension dans l'atmosphère, les particules de black carbon absorbent le rayonnement solaire. Elles contribuent également à diminuer l'albédo (*pouvoir réfléchissant d'une surface*) terrestre en se déposant sur des surfaces enneigées ou glacées. Ces deux effets font du « black carbon » le seul aérosol caractérisé par un forçage radiatif positif. Autrement dit, sa présence dans l'atmosphère contribue au réchauffement climatique puisqu'il est à l'origine d'une hausse

de l'énergie reçue par la Terre. Seule la pollution au dioxyde de carbone (CO₂) présente une contribution supérieure au réchauffement climatique.

2.2.4. Black carbon

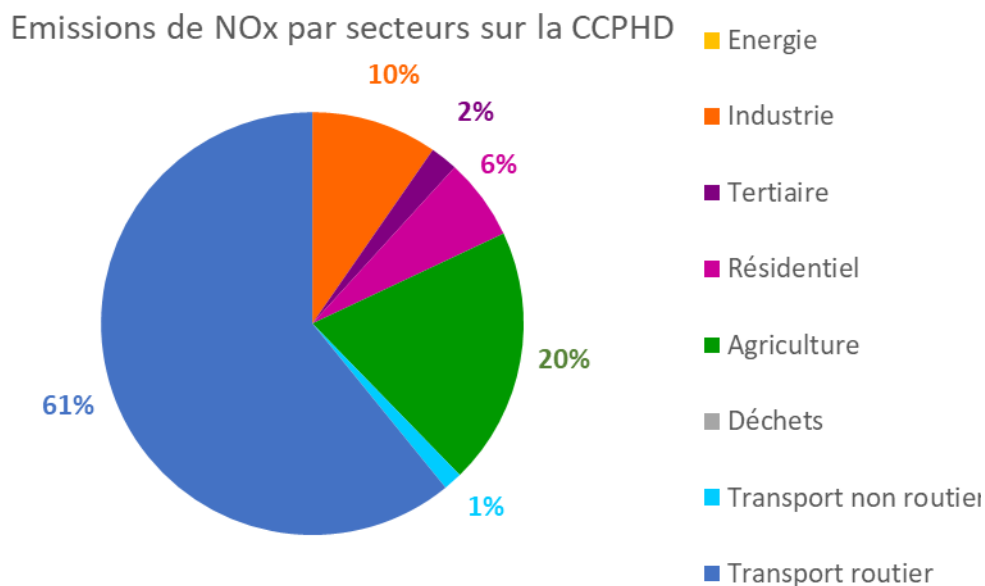
Le Black carbon n'est actuellement pas réglementé en France.

2.3. Les oxydes d'azote (NOx)

La combinaison de l'azote avec l'oxygène de l'air conduit à la formation de composés regroupés sous le terme de NOx. On distingue le monoxyde d'azote de formule NO et le dioxyde d'azote de formule NO₂.

2.3.1. Sources

Les oxydes d'azote sont majoritairement émis lors des phénomènes de combustion. Les sources principales sont les transports, l'industrie, l'agriculture, la transformation d'énergie et le chauffage. Certains procédés industriels, tels que la production d'acide nitrique, la fabrication d'engrais ou encore le traitement de surface, introduisent des oxydes d'azote dans l'atmosphère. Les orages, les éruptions volcaniques, les feux de forêts ou encore les activités bactériennes en sont des sources naturelles.



Sources : OPTeER - Inventaires 2018

Figure 3 : Emissions de NOx par secteur sur la CCPHD (inventaire 2018)

Sur la CCPHD, c'est le transport routier qui est responsable de la majorité des émissions de NOx (61%) suivi par le secteur agricole (20%).

2.3.2. Impact sur la santé

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz irritant qui pénètre jusqu'aux plus fines ramifications pulmonaires et peut entraîner une altération des fonctions respiratoires. Le niveau de concentration de NO mesuré dans l'environnement n'est pas toxique pour l'homme.

2.3.3. Réglementation

Seul le NO₂ est réglementé en air ambiant, et la réglementation en vigueur repose sur :

- La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe ;
- Le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air ;
- Les arrêtés préfectoraux en application locale.

Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), propose des seuils d'évaluation spécifiques pour ce polluant.

Les seuils associés sont récapitulés dans le tableau présenté ci-dessous.

Tableau 2 : Seuils réglementaires s'appliquant au dioxyde d'azote

NO ₂		
Pollution de fond	Valeur limite pour la santé humaine	200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an
		40 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Objectif de qualité pour la santé humaine	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
	Recommandations OMS	10 µg/m ³ en moyenne annuelle
25 µg/m ³ en moyenne sur 24h		
Pics de pollution	Seuil d'information et de recommandation	200 µg/m ³ /heure
	Seuil d'alerte	400 µg/m ³ /heure ou 200 µg/m ³ /heure sur 3 heures consécutives et sur plus de deux jours consécutifs

3. Stratégie de mesure

Afin d'étudier la qualité de l'air sur la CCPHD et plus particulièrement d'étudier l'impact du chauffage au bois, une stratégie de mesure adaptée a été mise en place.

3.1. Stratégie spatiale

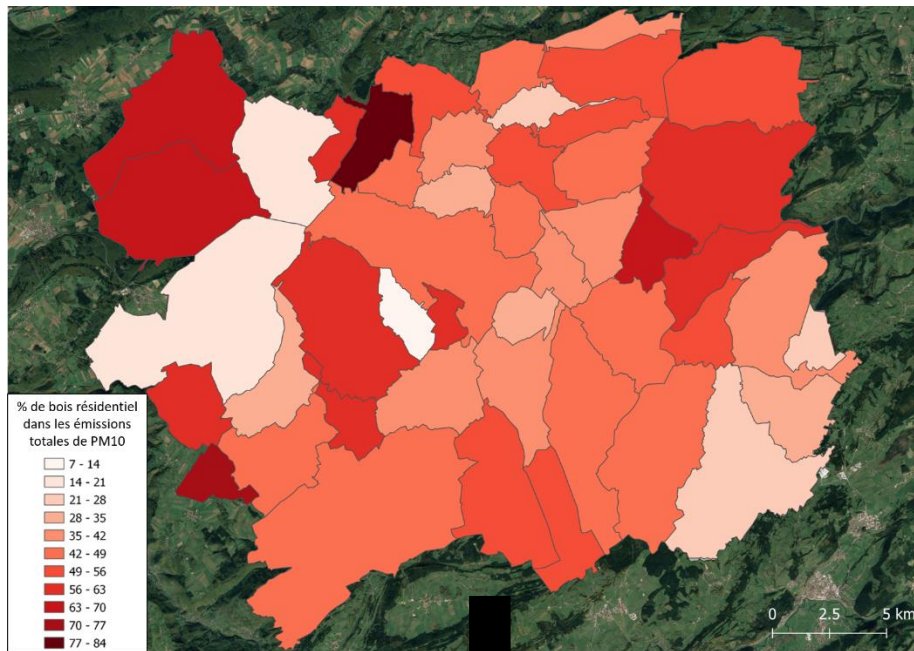
Douze sites de mesures ont été sélectionnés pour cette étude. Pour sélectionner ces 12 sites parmi les 47 communes de la CCPHD, et pour répondre aux objectifs de la campagne différents critères ont été pris en compte :

- Le mode de chauffage sur la commune, le chauffage bois étant un critère essentiel (voir partie 4);
- La présence d'une chaufferie-bois sur la commune ;
- La densité et le nombre d'habitant sur la commune ;
- Le situation géographique (présence de route, village enclavé...) soit les divers éléments pouvant influencer les niveaux de polluants ;
- Les niveaux de pollution sur la commune.

Ces différents éléments ont été obtenus grâce à la Plateforme OPTTEER, plateforme développée par les services d'Atmo BFC.

Tableau 3 : Présentation succincte des douze sites de mesure

Ville	Adresse	Latitude	Longitude
Bouclans	2 rue de l'école	47.246426	6.234193
Chaux-lès-Passavant	12 grande rue	47.23475	6.35744789
Etalans	22 Rue de Bellevue	47.151271	6.263196
Flangebouche	6 rue du Général de Gaulle	47.139659	6.47343
Gonsans	12 rue de l'église	47.231597	6.299719
Guyans-Vennes	1 rue Louis Pergaud	47.16026	6.565322
Les Premiers Sapins-Nods	8 rue de la scierie	47.098448	6.336606
Orchamps-Vennes	2 grande rue	47.127541	6.523906
Pierrefontaine-les-varans	21 grande rue	47.216947	6.54134
Valdahon	Parking Ménétrier	47.149021	6.34604
Vercel-Villedieu-Le-Camp	2 chemin du pot de Beurre "champ en face"	47.18564	6.40045
Villers-Chief	12 rue de Baume-les-Dames	47.226633	6.440635



Superposition avec les autres critères =
choix des 12 sites

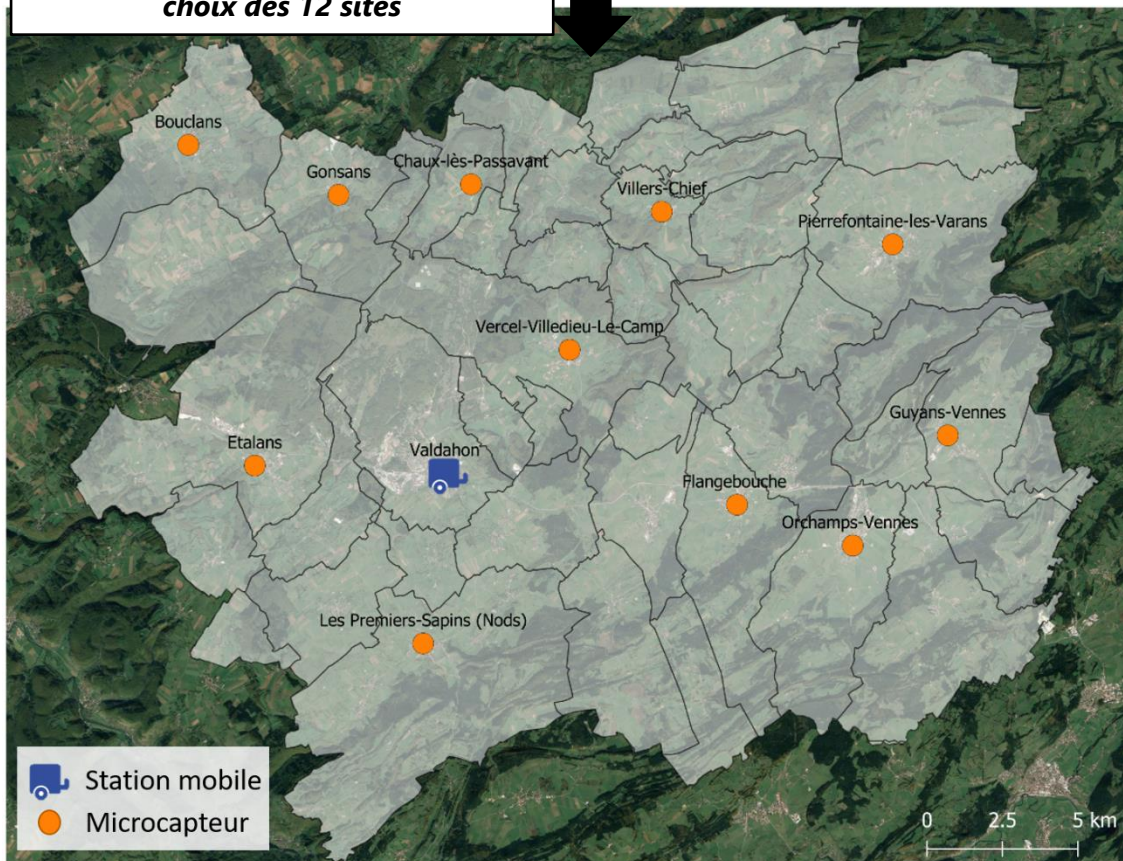


Figure 4 : Exemple de critère pris en compte pour la sélection des sites « Pourcentage de bois résidentiel dans les émissions totales de PM10 »

3.2. Moyens de mesure

Deux moyens de mesure ont été sélectionnés pour réaliser cette campagne de mesure : une station de mesure mobile et des microcapteurs.



Figure 5 : Station mobile implantée sur Valdahon (à gauche) et capteurs implantés à Flangebouche (à droite)

3.2.1. Station de mesure mobile (Valdahon)

La station de mesure mobile a été implantée sur Valdahon, sur le parking ménétrier. Si ce site a été choisi, c'est en raison de sa position centrale, au cœur de ville, représentative de l'exposition générale de la population. Ce site avait également été choisi lors de deux précédentes campagnes menées par Atmo BFC en 2004 et 2007.

Les stations de mesure mobiles sont équipées d'analyseur spécifiques à chaque polluant (ici les NO_x, les PM₁₀ et PM_{2,5} et le BC). Les mesures s'effectuent sur un pas de temps quart horaire, permettant de mesurer en continu les concentrations de ces différents polluants. Une fiche descriptive du fonctionnement des stations mobiles est disponible en Annexe 1. Pour note, les analyseurs automatiques d'Atmo BFC font l'objet de contrôles réguliers, tant avant déploiement sur le terrain qu'en période de fonctionnement.

3.2.2. Microcapteurs

Des mesures ont également été réalisés grâce à des microcapteurs NEMo fabriqués par ETHERA. Ces derniers ont permis de mesurer les concentrations en PM₁₀ et de PM_{2.5} en continu avec un pas de temps de 10 min. Ces microcapteurs fonctionnent grâce à un panneau solaire, et ne nécessitent donc pas de branchement : de ce fait, leur installation est moins contraignante que celle d'une station de mesure mobile. Les microcapteurs ont été installés sur l'intégralité des sites.

3.3. Stratégie temporelle

L'étude étant focalisée sur l'impact du chauffage bois sur les niveaux de particules, la campagne de mesure s'est déroulée en période hivernale sur 4 mois (du 8 décembre 2022 au 8 avril 2023).

3.4. Exploitation des résultats

L'exploitation des données issue de la campagne a été séparée en deux parties.

La première partie concernera l'analyse des données de la station de mesure mobile. Les stations de mesure mobile sont des méthodes de références qui peuvent être utilisées pour la comparaison aux seuils réglementaires. Les données issues de la station constitueront donc la référence des niveaux mesurés au sein de la CCPH.

Les données issues des microcapteurs permettront quant à eux d'illustrer les variations locales pouvant exister au sein du territoire. La méthode de mesures n'est pas considérée comme une technique de mesure de référence.

3.4.1. Niveaux de référence observés au sein de la CCPHD

3.4.1.1 Données de la station de mesure mobile (Valdahon)

Afin d'évaluer la qualité de l'air sur le territoire de la CCPHD, et plus particulièrement sur Valdahon, les concentrations mesurées lors de cette campagne ont été comparées aux valeurs réglementaires en vigueur. Néanmoins, cette évaluation comparative n'est établie **qu'à titre informatif**, les seuils régaliens étant en effet applicables à **l'échelle annuelle** et non à l'échelle temporelle restreinte d'une campagne.

De plus, les niveaux des deux stations ont été comparés aux niveaux mesurés par les autres stations de mesure du réseau d'Atmo Bourgogne-Franche-Comté les plus proches. La liste des stations considérées pour l'analyse ainsi que les polluants associés sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Stations du réseau Atmo utilisées pour la comparaison

Stations	Typologie de la station	Polluants mesurés			
		PM2.5	PM10	NO _x	BC
Valdahon	Urbaine	X	X	X	X
Besançon Prévoyance	Urbaine	X	X	X	
Montbéliard - Centre	Urbaine	X	X	X	X*
Dijon Péjoces	Urbaine	X	X	X	X*
Piscine de Lure (campagne ponctuelle)	Urbaine	X	X	X	
Baume-les-Dames	Urbaine sous influence trafic	X	X	X	
Montandon	Rurale		X		

*Seule les données black carbon ont été exploitées dans le cadre de ce rapport

3.4.1.2 Interprétation des données Black Carbon

L'interprétation des données BC va varier selon la fraction de particules considérée : PM10 ou PM2,5.

Pour rappel, le BC est une fraction des particules PM2,5, qui ne représente qu'une petite partie des particules issues des réactions de combustions. On pourra ainsi identifier :

- La part de BC issue de la combustion de matière fossile (BCff) et assimilable au trafic routier ;
 - La part de BC issue de la combustion de biomasse (BCwb) assimilable au chauffage résidentiel.
- ⇒ Ces parts peuvent être comparées aux données PM2,5 totale, ce qui nous donnera des informations sur la composition chimique des PM2,5. Cette analyse ne sera pas considérée dans ce rapport.

Lorsque l'on travaille avec les données PM10, il est possible « d'extrapoler » les résultats pour déterminer les concentrations attribuables aux deux familles de sources (*pour plus de détails sur la méthodologie voire le guide « Guide méthodologique pour la mesure du « Black Carbon » par Aethalomètre multi longueur d'onde AE33 dans l'air ambiant » du LCSQA*) soit :

- La part de particules PM10 issue de la combustion de matière fossile ;
 - La part de particules PM10 issue de la combustion de biomasse.
- ⇒ **Cela nous permettra donc d'estimer l'origine des particules PM10. C'est cette analyse qui va tout particulièrement nous intéresser et qui fera l'objet d'une partie dédiée dans ce rapport.**

Les données BC de Valdahon seront comparées aux données des stations de Péjoces et de Montbéliard-Levy, les deux autres stations équipées d'analyseurs du Black Carbon sur la région.

3.4.2. Etude des variations locales au sein de la CCPHD

3.4.2.1 Robustesse des mesures

Les capteurs utilisés pour la campagne de mesure utilisent une technique différente de celle employée par les analyseurs automatiques. Il convient donc dans un premier temps de s'assurer de la bonne concordance des deux types d'instruments, afin d'exploiter correctement les données collectées.

En effet, les capteurs sont des instruments dont les mesures **présentent une fiabilité moindre**, et particulièrement lorsque les niveaux de pollution sont faibles. Ils restent toutefois de bons **indicateurs des fluctuations** et sont appropriés **à la détection des évènements de pollution ponctuelle**.

La robustesse de nos données de mesure par microcapteur a ainsi été évaluée d'une part avant la campagne de mesure et également tout au long de la campagne. Les résultats de ces tests sont présentés en annexe 2. Ils montrent une relative homogénéité des mesures réalisées par les capteurs, et une bonne corrélation avec les mesures effectuées par analyseur automatique. *Il ne faut pas oublier, que ces moyens de mesures n'utilisant pas la même méthodologie, et de*
part

leur incertitudes, il n'est pas surprenant que les valeurs mesurées ne soient pas strictement les mêmes.

3.4.2.2 Impact de l'humidité

Les microcapteurs sont des appareils dont les performances peuvent être influencées par les conditions météorologiques. C'est notamment le cas de l'humidité relative. Lorsque l'humidité relative est élevée, les microcapteurs vont avoir tendance à surestimer les niveaux mesurés. C'est par exemple le cas en présence de brouillard, les microcapteurs vont mesurer les gouttelettes d'eaux présentes dans l'atmosphère en les assimilant à des particules en suspension (voir annexe 3).

De ce fait, un travail d'invalidation des données a été réalisé afin de supprimer les données « aberrantes » et pouvant influencer de manière non négligeable les concentrations mesurées.

3.4.2.3 Analyse des données

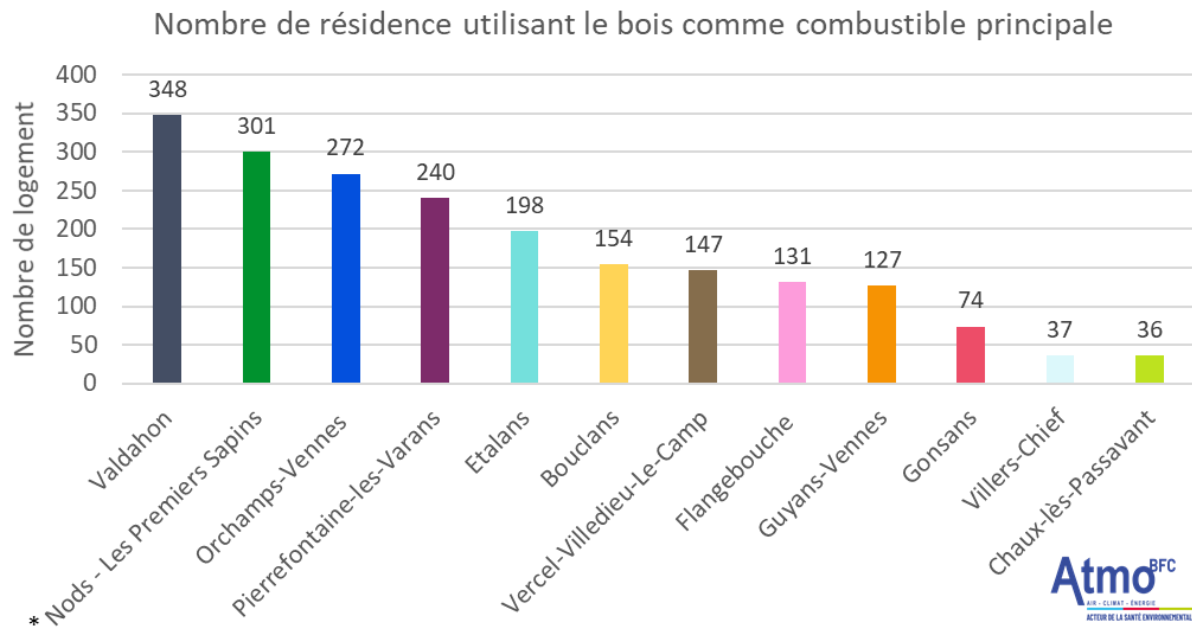
L'analyse des données microcapteurs renseignera notamment sur les évolutions de concentrations observées au cours de la campagne. La comparaison des données microcapteur pour chaque site permettra quant à elle de voir si des disparités peuvent exister sur le territoire.

>> 4. Focus sur le chauffage bois

Tableau 5 : Utilisation du chauffage bois sur les différentes communes

	Ville	Nombre d'habitant	Nombre de résidence utilisant le bois comme combustible principale	Pourcentage de résidence utilisant le bois comme chauffage combustible principal (%)	Pourcentage du chauffage bois résidentiel dans les émissions totales de PM10 (%)
12 site implanté sur la CCPHD	Bouclans	1068	154	34,8	63,9
	Chaux-lès-Passavant	128	36	72	78,7
	Etalans	1573	198	34,6	19,5
	Flangebouche	783	131	46,6	49
	Gonsans	562	74	31,2	20,6
	Guyans-Vennes	843	127	39,7	39,7
	Nods -Les Premiers-Sapins *	570	301	48,4	48
	Orchamps-Vennes	2124	272	29,1	43
	Pierrefontaine-les-Varans	1408	240	38,2	62,2
	Valdahon	5867	348	16,1	61,5
	Vercel-Villedieu-Le-Camp	1616	147	23,4	44,6
Villers-Chief	126	37	71,2	50,1	
Station du réseau Atmo BFC	Montandon	408	75	51	58,3
	Besançon	116 676	1691	2,7	31
	Baume-les-Dames	5 241	256	10,3	29,9
	Lure	8 253	381	10,4	12,7

*Données Premiers-Sapins et non pas Nods uniquement



*Données Premiers-Sapins et non pas Nods uniquement

Figure 6 : Nombre de résidence utilisant le bois comme combustible principale

Dans des conditions optimales, la combustion du bois rejette uniquement du dioxyde de carbone (CO₂) ainsi que de la vapeur d'eau (H₂O). Toutefois, en fonction du rendement de l'appareil et de la qualité de la combustion le chauffage bois peut être à l'origine de l'émission de polluants (notamment les particules) et ainsi contribuer à la dégradation de l'air extérieure.

De ce fait, l'analyse des données concernant le chauffage bois sur chacune des communes étudiées dans le cadre de cette campagne permettra de mettre en perspective les résultats obtenus. Les données présentées dans le tableau 10 sont issues de notre plateforme d'observation OPTEER. Elles donnent des renseignements sur l'utilisation du chauffage bois sur les communes de la CCPHD ciblées par la campagne de mesure, et sur son utilisation dans les communes où sont implantées les stations du réseau Atmo BFC utilisées à titre de comparaison dans ce rapport.

Le nombre le plus important de logements se chauffant au bois-énergie est retrouvé sur Valdahon, commune la plus peuplée de la CCPHD. C'est sur les communes de Villers-Chief et Chaux-les-Passavant, commune les moins peuplées de ce groupe de comparaison que le nombre de logements se chauffant au bois est le plus faible. Toutefois, pour des communes de cette taille, il représente tout de même le combustible principal, utilisé à environ 70%.

D'autres paramètres vont également avoir un rôle (indirect) sur les émissions. Par déduction, un territoire où les logements sont plus anciens est plus à risque de comporter des « passoires thermiques ». Ces logements, moins bien isolés, retiennent moins bien la chaleur et nécessitent une utilisation accrue du chauffage. Aussi, ces logements sont plus souvent équipés d'un système de chauffage ancien, moins efficace que les chauffages récents et par conséquent plus

émissifs en polluants. La qualité des combustibles utilisés peut également jouer un rôle sur les émissions, et conduire à plus de pollution (bois humide, palette, morceau de meuble vernis ...).

5. Données météorologiques

5.1. Températures et précipitations

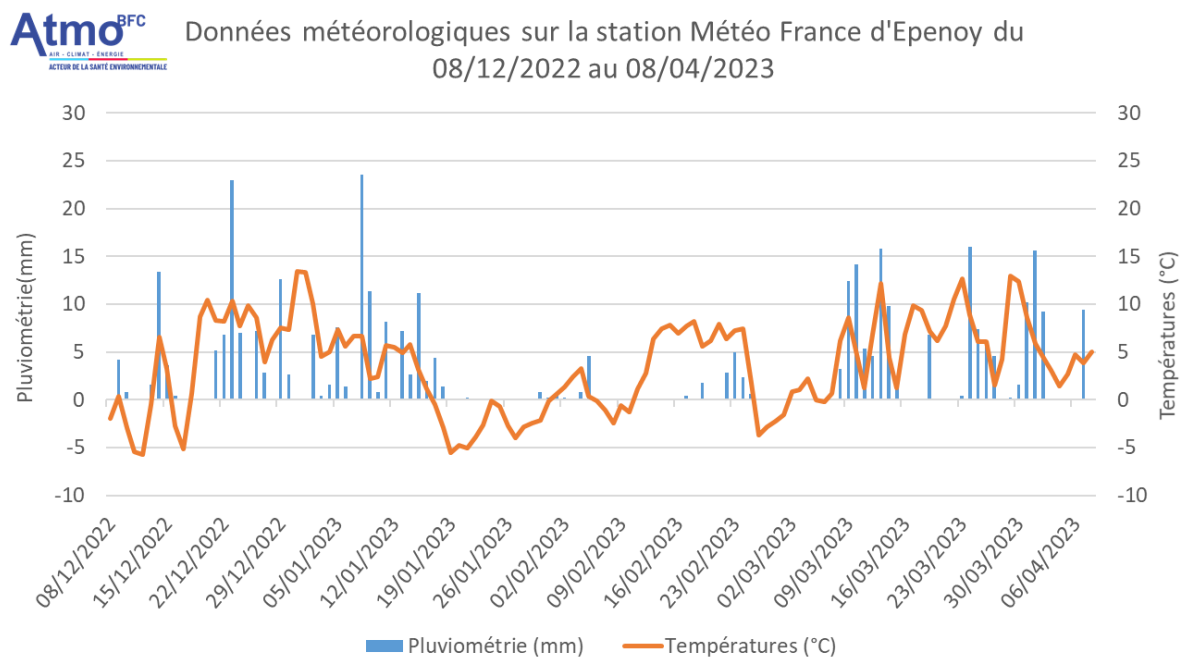


Figure 7 : Variations temporelles des températures moyennes journalières (°C) et cumuls journaliers des précipitations (mm) lors de la campagne de mesure

Les conditions météorologiques jouent un rôle non négligeable sur la pollution atmosphérique. Ainsi, certaines conditions sont favorables à une bonne qualité de l'air (vent, pluie) tandis que d'autres vont contribuer à l'accumulation des polluants (inversion thermique, forte chaleur...). Les données utilisées pour l'exploitation des résultats sont issues de la station Météo France d'Epenoy, station Météo France la plus proche de l'ensemble des sites implantés sur la CCPHD.

Les températures moyennes journalières ont varié de -5,7°C à 13,5°C, avec une moyenne sur la période de 3,6°C. Les températures enregistrées au cours de la période de mesure ont été supérieures aux normales de saisons.

Du côté des précipitations, le mois de février fut marqué par un déficit pluviométrique de l'ordre de 80% par rapport aux normales de saison. Les autres mois furent marqués par des précipitations plutôt conformes aux normales de saison, ou légèrement plus élevés (mois de mars).

5.2. Rose des vents

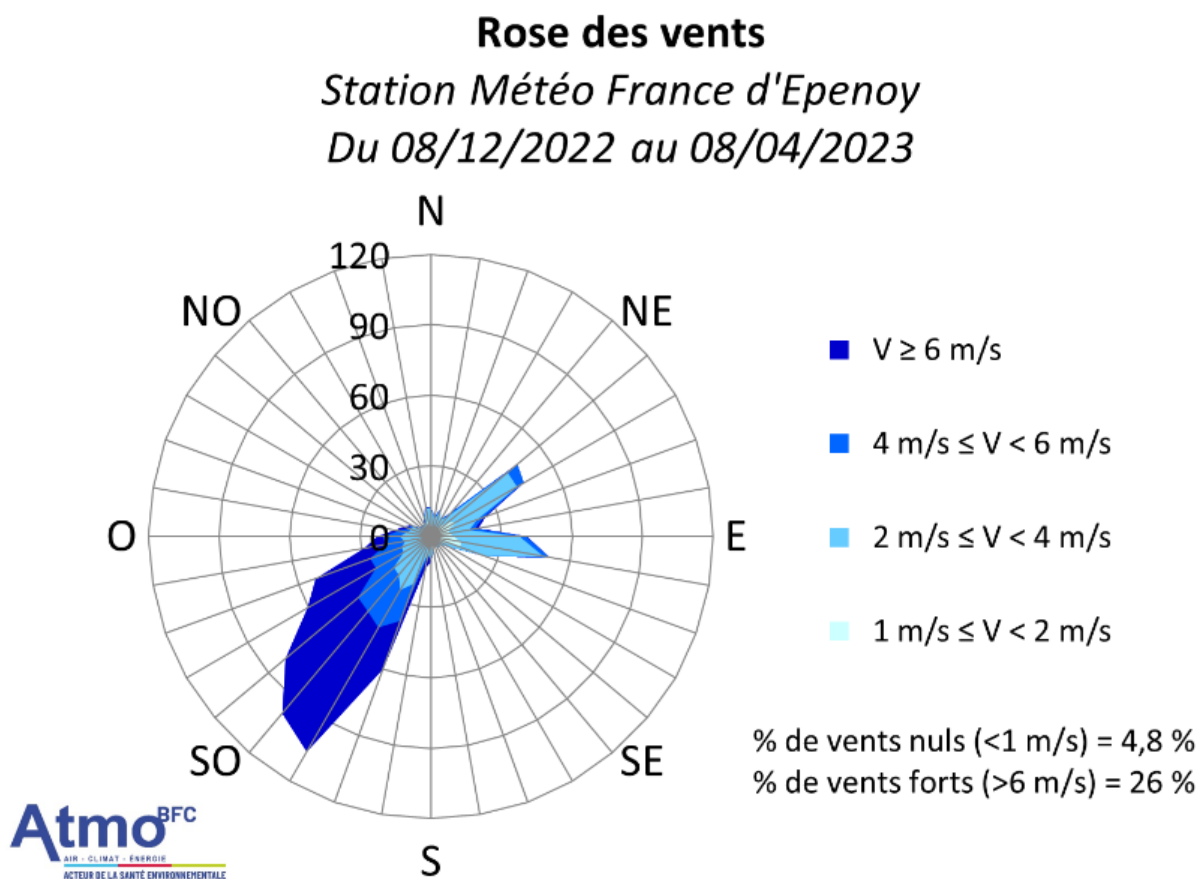


Figure 8 : Caractérisation de la provenance (°N) et de la vitesse des vents (m/s) en % durant la campagne

Les vents en provenance du Sud-Ouest furent majoritaires durant la période de mesure. L'intensité des vents observés durant la campagne fut modérée à intense. Les vents forts (>6 m/s) ont représenté 26% des vents mesurés, tandis que les vents nuls moins de 5%. Les conditions venteuses étaient donc plutôt propices à la dispersion des polluants sur le secteur.

➤ 6. Niveaux de références observés sur la CCPHD

6.1. Les particules

6.1.1. Données globales et comparaison aux seuils réglementaires

6.1.1.1 PM10

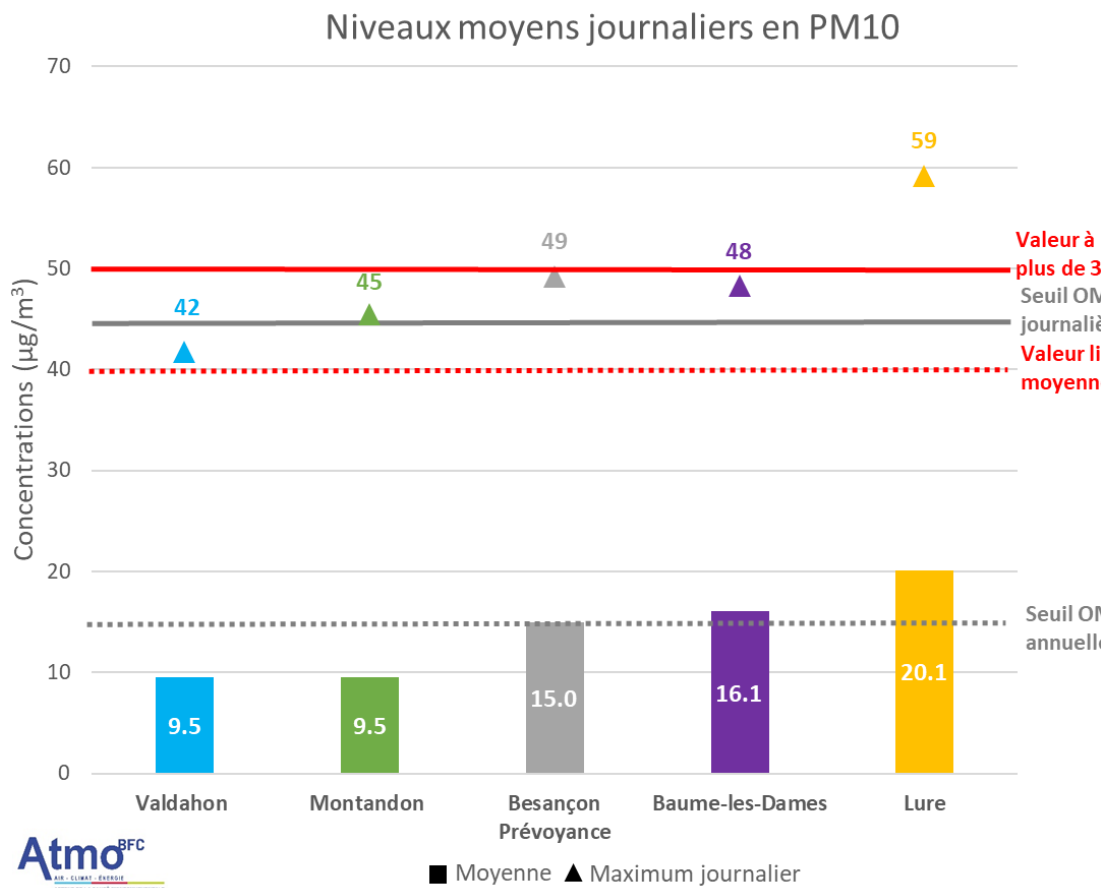


Figure 9: Niveaux moyens journalier en PM10

L'analyse de la figure 9 permet de mettre en lumière plusieurs point :

- La concentration moyenne la plus élevée est relevée sur la station de Lure ;
- Les niveaux mesurés sur Baume-les-Dames et Besançon Prévoyance sont relativement similaires ;
- Les niveaux les plus faibles sont relevés sur Montandon et Valdahon.

Les niveaux mesurés sur Valdahon sont similaires à ceux mesurés sur Montandon site rural éloigné de toute habitation et en dehors de toutes sources anthropiques majeures. Les niveaux mesurés sur Valdahon apparaissent donc ainsi comme relativement faibles.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour tenter d'expliquer ces faibles concentrations relevées sur Valdahon.

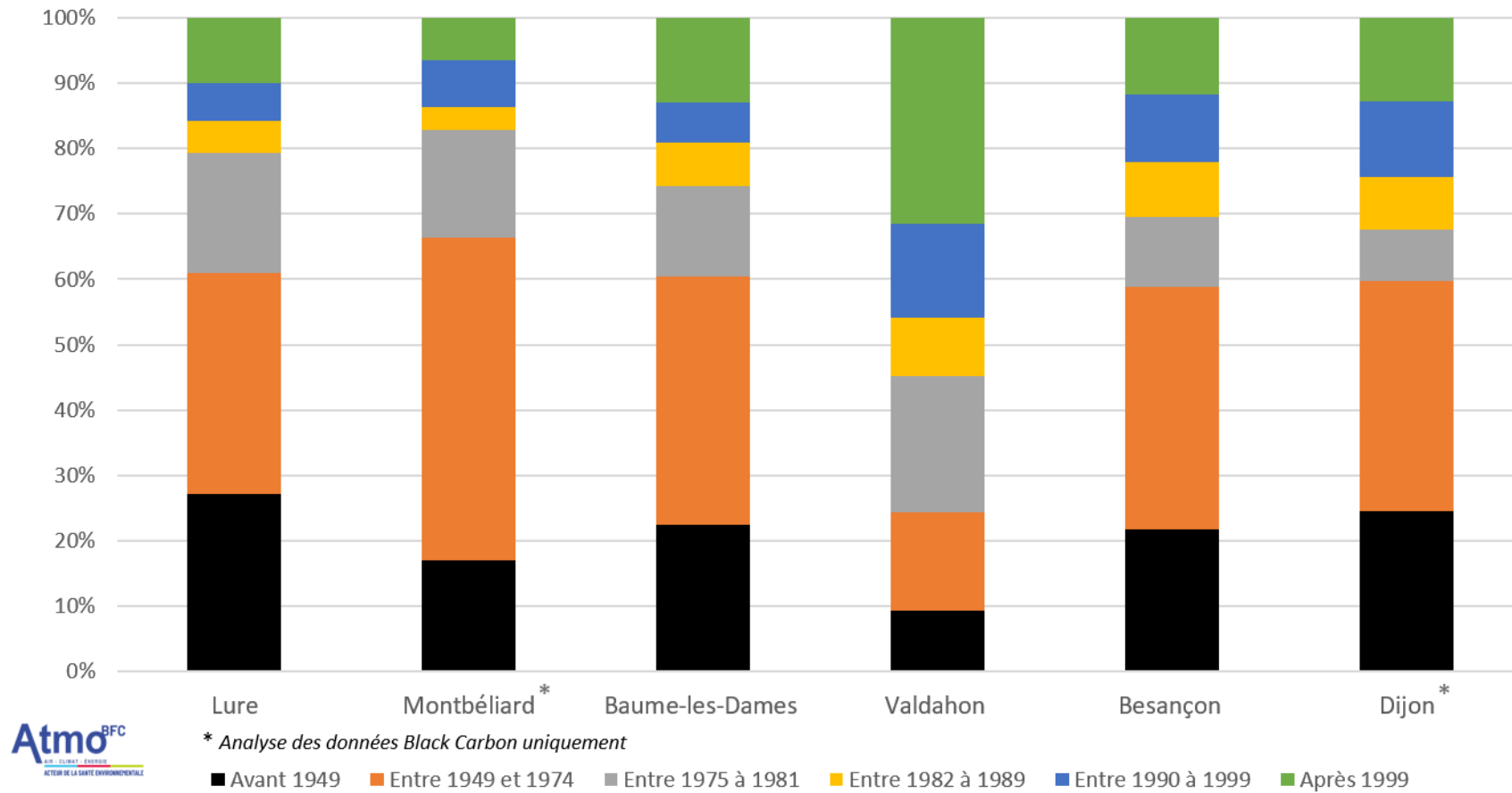
Le secteur résidentiel, et plus particulièrement le **chauffage-bois est l'un des secteurs principaux d'émissions de particules**. Bien que le nombre de logement équipé d'un chauffage bois soit plus important sur Valdahon que sur Baume-les-Dames par exemple, les niveaux ne sont pas plus importants. Cela suggère que d'autres paramètres peuvent jouer un rôle :

- Premièrement, le rôle non négligeable des éléments propres au système de chauffage comme son ancienneté, son rendement, le type de combustible utilisé (granulé, bois) ou encore la qualité du combustible.
- Ensuite, les **éléments propres au logement**. Un logement moins bien isolé nécessitera une utilisation plus accrue du chauffage bois et engendrera donc des émissions plus importantes. Sur Valdahon, la part de logement récent est plus importante que sur les autres communes du groupe de comparaison (voir figure 10 présentée page suivante) Cette part plus importante de logements récents, mieux isolés et équipés de système de chauffage plus efficace est un élément qui aurait pu favoriser de plus faibles émissions sur Valdahon.
- **Les conditions météorologiques** ont également pu influencer les concentrations mesurées. L'analyse des vents sur les autres sites (voir Annexe 4) montre des conditions moins dispersives (vents moins fréquents et moins intense) et donc potentiellement plus propices à l'accumulation des polluants que sur Valdahon. Aussi, la pluviométrie plus élevée sur Valdahon que sur Lure ou Besançon a également pu être favorable à la qualité de l'air sur le secteur.
- Le **positionnement de la station** peut également jouer un rôle. Les niveaux mesurés sur les stations ne sont pas du uniquement au secteur résidentiel, d'autres sources vont également avoir une influence. A Baume-les-Dames, la station est installée en proximité directe d'une route passante (typologie urbaine sous influence trafic). Bien que le transport routier ne soit pas la source majoritaire de particules en période hivernale, il a pu influencer les niveaux. De plus, Baume-les-Dames est légèrement en cuvette, ce qui ce qui pourrait renforcer l'accumulation des polluants.
- Autre fait intéressant montré par la figure 9, la **pollution aux particules ne semble pas corrélée à la taille de la ville, et à son nombre d'habitant**. En effet, les niveaux mesurés sur Besançon ne sont pas les plus importants de ce groupe de comparaison. Cela tient à l'emplacement de la station, implantée dans un secteur plutôt composé d'immeubles, proche du centre-ville et dont le bois n'est pas le combustible principal. Ainsi, lorsque l'on a un plus petit village, les émissions liées au chauffage bois sont concentrées sur un secteur plus restreint provoquant des concentrations parfois plus élevées que sur des villes plus grande.

Les concentrations en PM10 mesurées à Valdahon durant la période hivernale sont conformes aux seuils réglementaire ainsi qu'aux préconisations de l'OMS. Aucun dépassement des seuils d'alerte n'a été enregistré au cours de la campagne de mesure, ce qui n'est pas le cas par exemple de la station de Lure. Les niveaux de particules étant plus élevés en hiver que lors des autres saisons, il paraît peu probable que les seuils régaliens s'appliquant à l'échelle annuelle soient dépassés sur Valdahon.

Les concentrations en PM10 mesurées en période hivernale à Valdahon sont faibles et conformes à la réglementation en vigueur ainsi qu'aux préconisations de l'OMS.

Date de construction des logements individuels et collectifs



Source OPTÉER 2014

Figure 10 : Age du parc de logements collectifs et individuels sur Lure, Montbéliard, Baume-les-Dames, Valdahon Besançon et Dijon

6.1.1.2 PM2,5

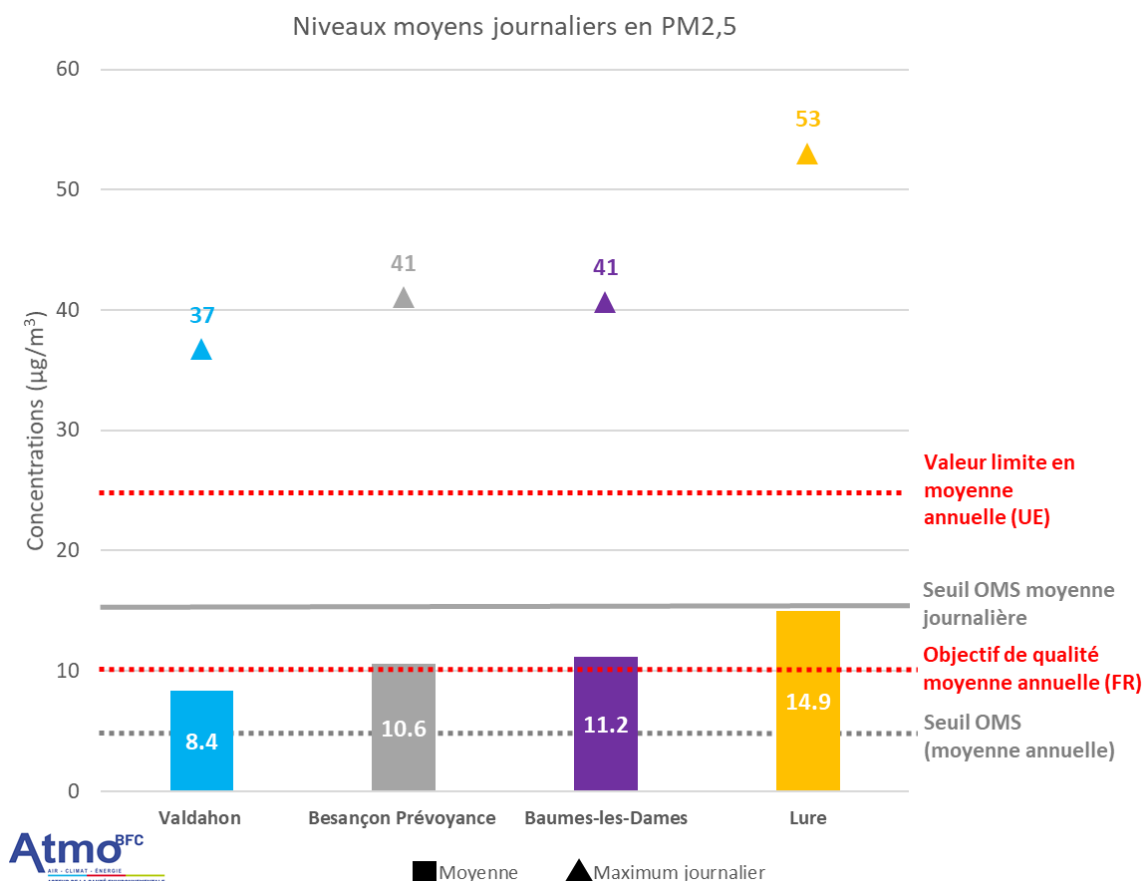


Figure 11 : Niveaux moyens journalier en PM2,5

Comme pour les PM10, et comme illustré sur la figure 11, les niveaux moyens mesurés sur Valdahon sont les plus faibles du groupe de comparaison. A contrario, sur Lure les niveaux sont les plus élevés. Les paramètres pouvant expliquer ces différences de concentrations sont les mêmes que ceux évoqués précédemment pour les PM10.

Les niveaux hivernaux de PM2,5 sur Valdahon sont inférieurs à la valeur limite réglementaire fixée à 25 µg/m³ en moyenne annuelle.

Les niveaux mesurés ne sont toutefois pas conformes aux recommandations de l'OMS. Le seuil OMS journalier fixé à 15 µg/m³/24h a été dépassé durant cette campagne de mesure. Les niveaux sont également supérieurs au seuil annuel fixé à 5 µg/m³. Les niveaux de PM2,5 étant les plus élevés en période hivernale, la prise en compte des concentrations sur une échelle annuelle pourrait contribuer à faire descendre cette moyenne. Il paraît toutefois peu probable que la moyenne annuelle descende en dessous de ce seuil. En effet, cette situation de dépassement des recommandation OMS est observée sur l'ensemble des stations de mesures de ce groupe de comparaison et témoigne d'une problématique à l'échelle régionale, voire nationale. En effet, selon l'INERIS, l'ensemble du territoire français serait exposé à des

dépassements de la recommandation annuelle de l'OMS établie en 2021. A long terme, cela implique des risques pour la santé, notamment chez les plus fragiles.

Les concentrations en PM_{2,5} mesurées en période hivernale à Valdahon sont plus faibles que sur les autres stations du groupe de comparaison. Bien qu'ils soient conformes à la réglementation en vigueur, ils ne respectent pas les recommandations de l'OMS (journalière et annuel).

6.1.1. Evolution des concentrations sur la période d'étude

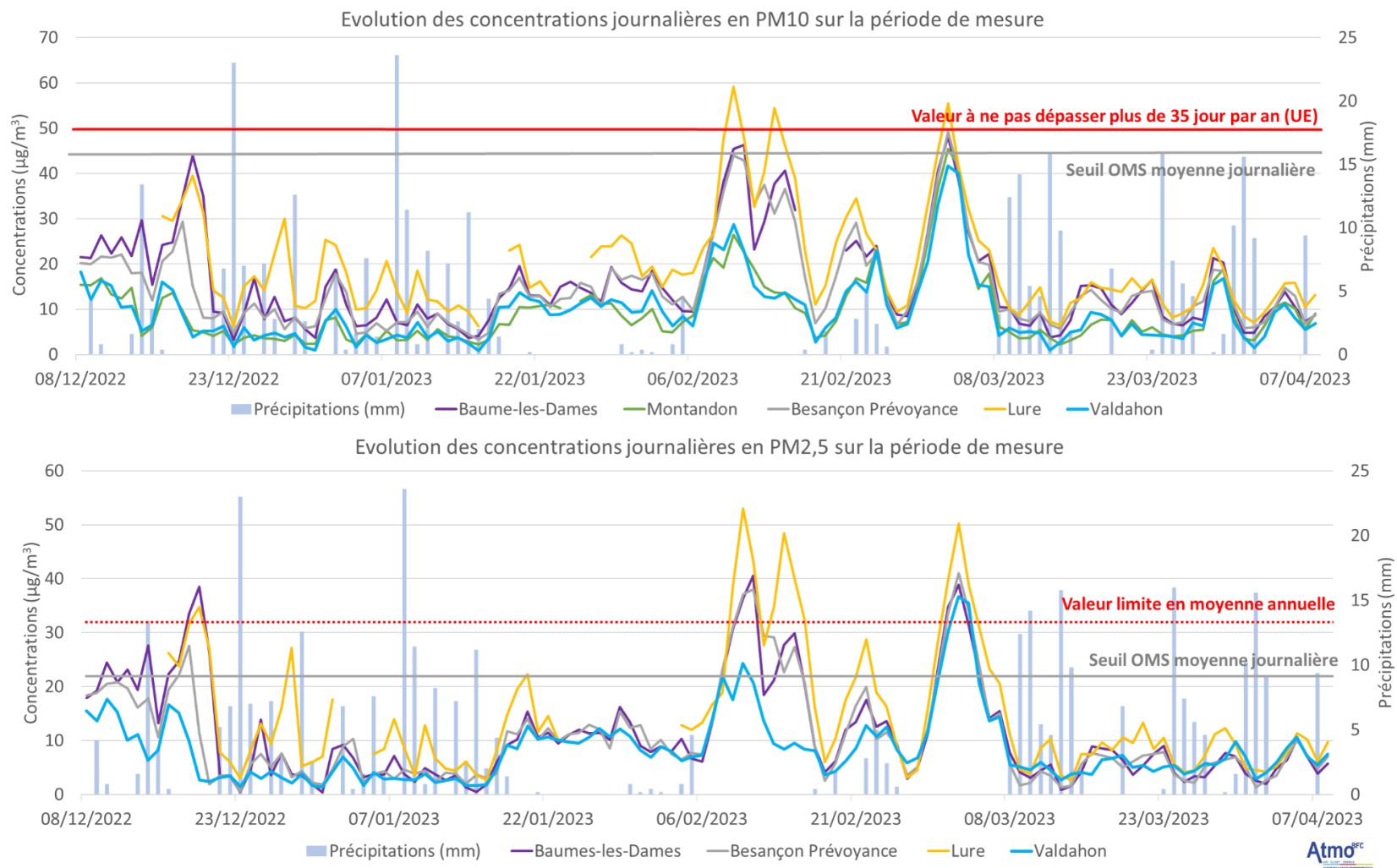


Figure 12 : Evolution des concentrations journalières en PM10 et PM2,5

6.1.1.1 PM10

Comme illustré sur la figure 12, les profils des stations sont relativement comparables, notamment ceux de Montandon et de Valdahon. Les niveaux sur ces deux stations sont également systématiquement plus faibles que sur les autres sites.

Ce graphique permet également de mettre en lumière l'impact des conditions météorologiques. Les niveaux les plus élevés sur Valdahon (et sur les autres stations) ont été enregistrés au début du mois de février et au début du mois de mars.

Les conditions météorologiques durant ces périodes étaient anticycloniques (absence de vent et de précipitation), et, compte tenu des températures très fraîches, propices à la mise en place d'inversions thermiques (voir figure 13).

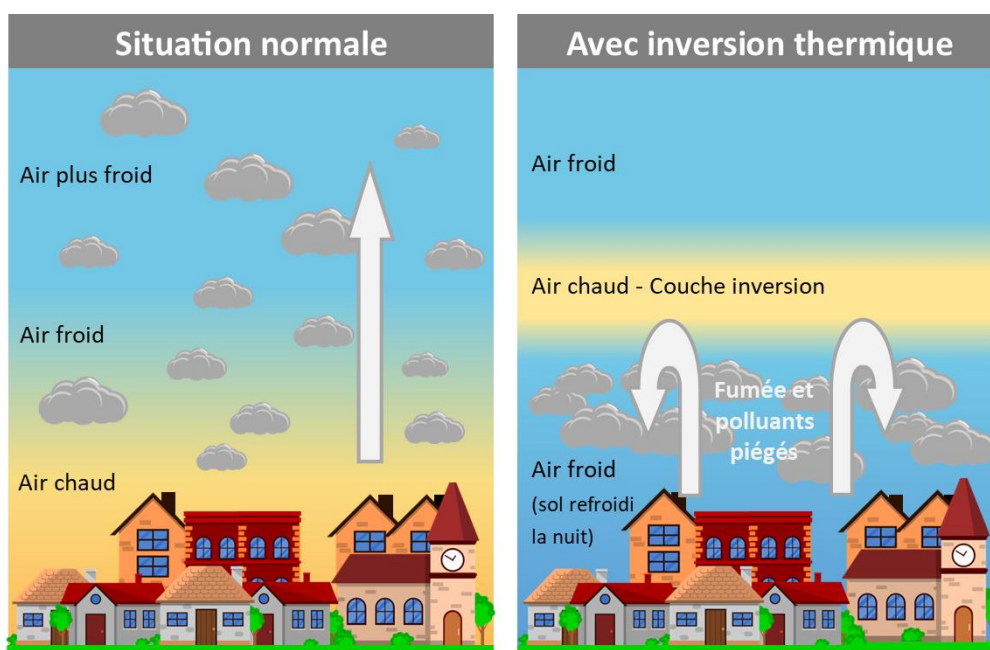


Figure 13 : Schéma illustrant une inversion thermique

En général, la température diminue lorsque l'on monte en altitude. Cependant, sous certaines conditions cette situation peut s'inverser. C'est le cas par exemple lors des nuits très fraîches et sans couverture nuageuse. La chaleur emmagasinée dans la journée s'échappe, ce qui entraîne un refroidissement des couches d'air à la surface du sol. Comme l'air froid est plus lourd que l'air chaud, il va rester en bas, bloqué par l'air plus chaud en altitude qui va agir comme un couvercle. Le couvercle ainsi formé va alors bloquer la convection verticale de l'air et « piéger les polluants ».

Ces conditions météorologiques particulières ont donc favorisé l'accumulation des polluants dans l'atmosphère. Compte tenu des niveaux relativement élevés et du risque de dépassement des seuils réglementaires (*associés aux épisodes de pollution*) des procédures préfectorales ont été mises en places sur le département du Doubs les 09/02/2023 et 03/03/2023. On note également que d'une manière générale les périodes de pluies sont associées à des baisses de

concentrations (lessivage de l'atmosphère).

6.1.1.2 PM2,5

D'après la figure 12, les profils des stations sont relativement comparables. L'écart entre la station de Valdahon et les autres stations est cependant moins important que pour les PM10.

6.1.1. Analyse du profil journalier horaire

6.1.1.1 PM10

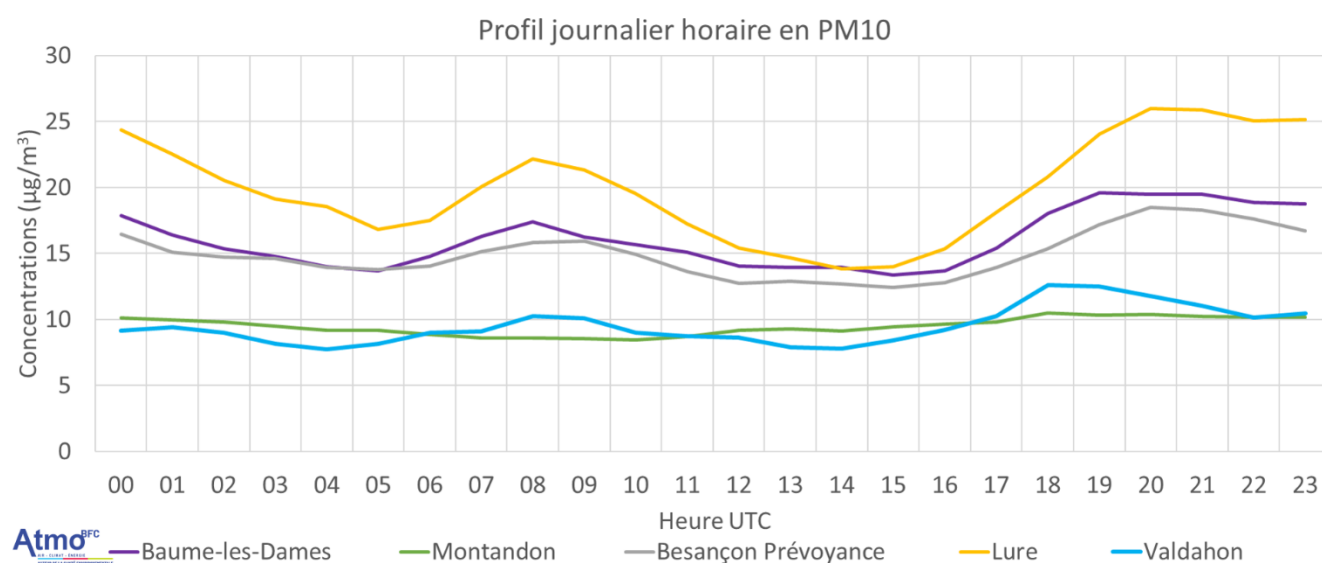


Figure 14 : Profil journalier horaire en PM10

L'analyse du profil journalier horaire montre une distribution bimodale qui illustrent :

- La contribution du trafic routier, notamment aux heures de pointes (trajet domicile ⇔ travail)
- La contribution du chauffage résidentiel, notamment en fin de journée

Les concentrations enregistrées sur l'ensemble des stations tendent à être plus importante en fin de journée, et au cours de la nuit. Cela est liée d'une part aux émissions du chauffage domestique, allumé lorsque les habitants rentrent du travail mais également aux conditions météorologiques favorables à l'accumulation. En effet, en fin de journée, lorsque la nuit tombe, le brassage des masses d'air est plus limité que durant la journée (lié cycle diurne de la couche limite). Les émissions nocturnes ont donc tendance à s'accumuler favorisant des concentrations de polluant plus élevé que durant la journée, et ce jusqu'au lever du soleil.

Bien que ces augmentations de concentrations soient enregistrées sur la majorité des stations, quelques différences peuvent être soulignées. Ces augmentations ne sont pas retrouvées sur la station de Montandon. Cela souligne que cette station de typologie rurale n'est pas sous l'influence de sources de pollution anthropique contrairement aux autres stations. De plus, si les augmentations de concentration sont bien relevées sur Valdahon, elles sont moins intenses que sur les autres stations.

6.1.1.2 PM_{2,5}

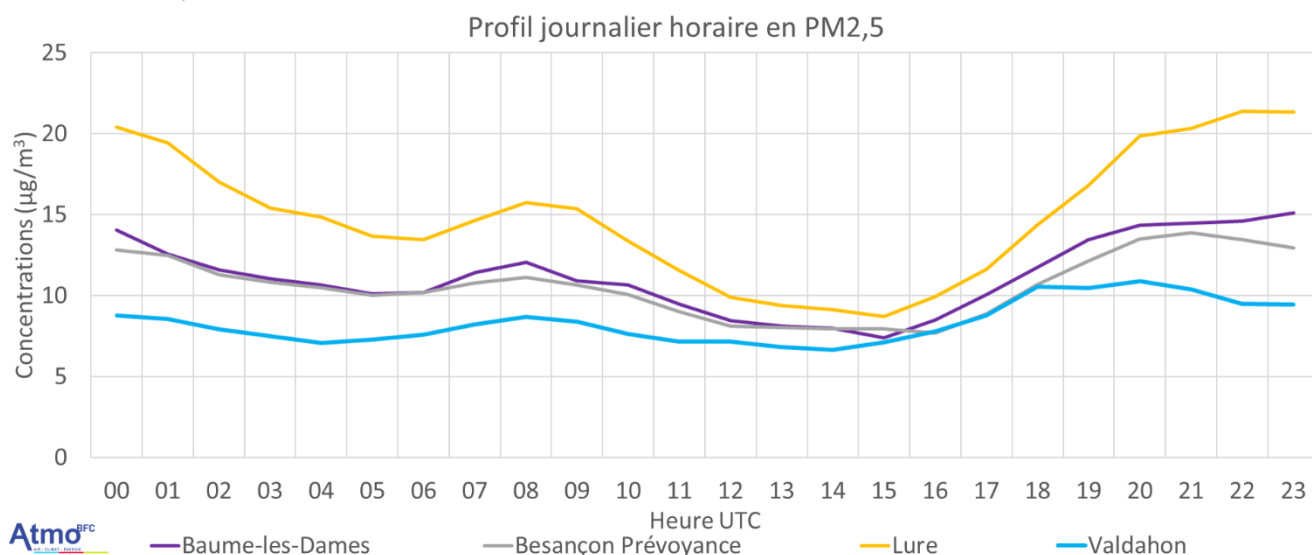


Figure 15 : Profil journalier horaire en PM_{2,5}

L'analyse du profil journalier horaire des PM_{2,5} montre des variations globalement similaires à celles des PM₁₀. Comme pour les PM₁₀, les pics liés au déplacement domicile ⇔ travail sont retrouvés sur l'analyse du profil, tout comme les évolutions de concentrations liées à l'utilisation du chauffage résidentiel.

6.2. Le black carbon (BC)

6.2.1. Comparaison aux autres stations de mesure de la région

Grace à l'extrapolation des données black carbon, il est possible de déterminer l'origine des particules PM₁₀. Ainsi, le graphique présentée page suivante illustre en terme de pourcentage, la part de particules PM₁₀ attribuable à la combustion de biomasse (assimilable au chauffage bois), à la combustion de matière fossile (assimilable au trafic routier) et la part de particules d'origine non définie.

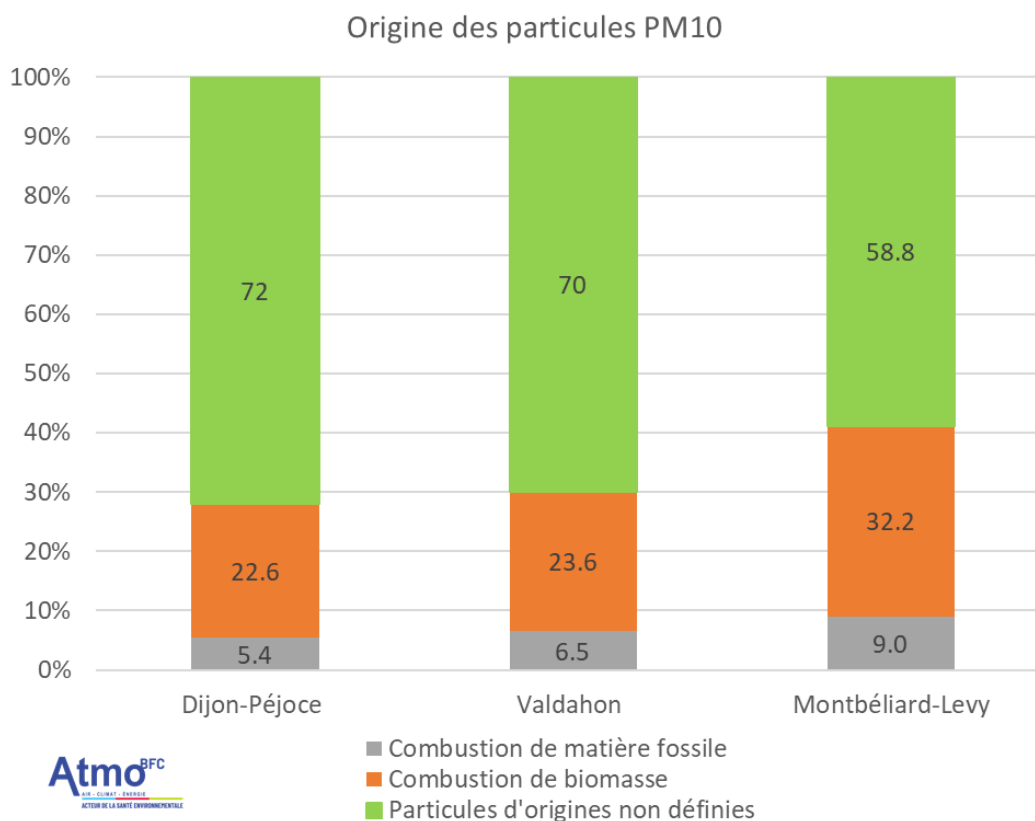


Figure 16 : Origine des particules PM10

D'après la figure 16, la part de particules PM10 liée à la combustion de biomasse est plus élevée (32.2%) sur Montbéliard-Levy contre une vingtaine de pourcent pour Péjoces et Valdahon. Le nombre de logements équipés d'un système de chauffage au bois est pourtant plus faible sur Montbéliard que sur Valdahon. Cette plus forte représentativité de la combustion de biomasse dans les émissions de PM10 sur Montbéliard pourrait être liée à des combustibles de moins bonne qualité par exemple, ou à des systèmes de chauffage plus vétustes,. Comme illustré sur la figure 10, présentée précédemment.

La part liée à la combustion de matière fossile est également plus importante sur Montbéliard-Levy que sur les deux autres stations, signe d'une circulation plus accrue aux abords de cette station. Étonnamment, la part liée à la combustion de matière fossile est plus importante sur Valdahon que sur Dijon ville bénéficiant pourtant d'un trafic plus important. Toutefois, cela pourrait être lié à la position des stations. En effet, la station de Dijon-Péjoces est implanté dans un secteur plutôt résidentiel et éloigné d'axe routier majeur.

6.2.1. Evolution de l'origine des particules PM10 au fil de la campagne

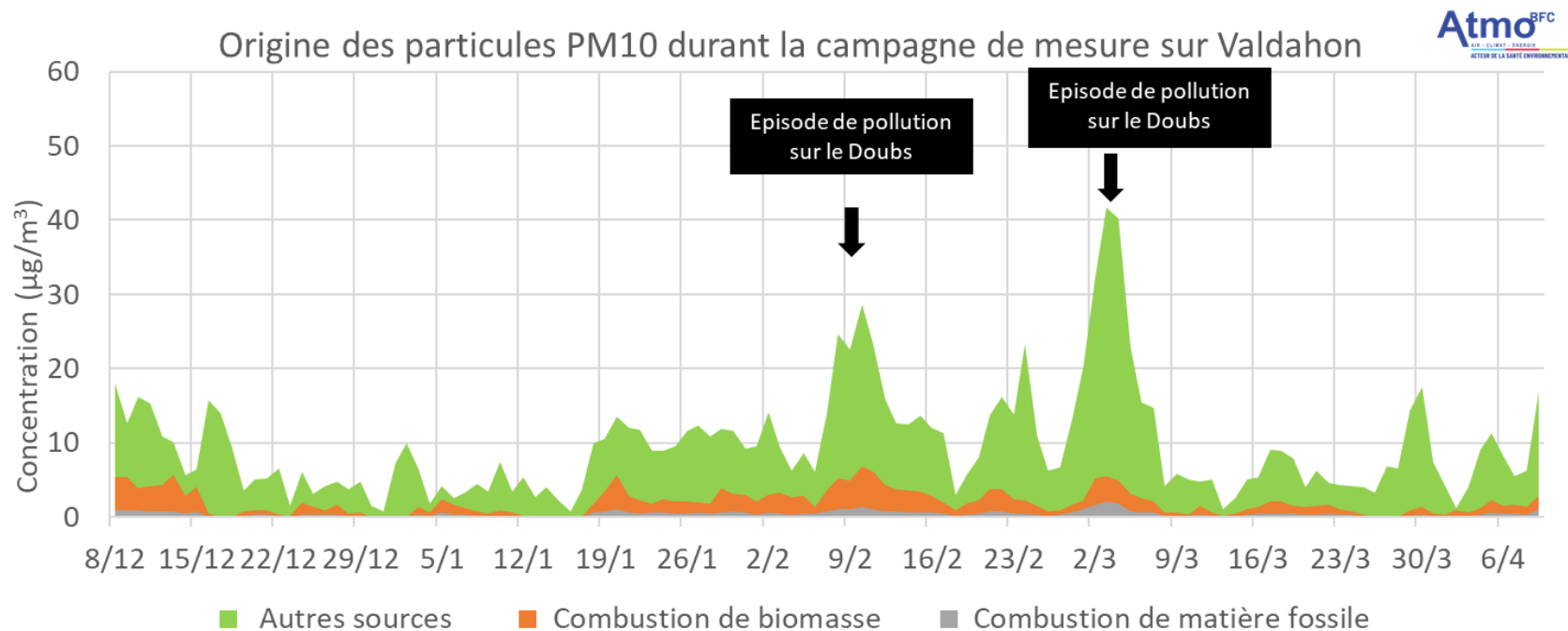


Figure 17 : Evolution de l'origine des particules PM10 au cours de la campagne de mesure

La figure 17 illustre l'évolution de l'origine des PM10 au fil de la campagne de mesure. La part de PM10 liée à la combustion de matière fossile est relativement faible, et il est ainsi difficile de suivre son évolution. Concernant la part liée à la combustion de biomasse, elle varie en fonction du temps. Cela est lié aux variations de températures. Lorsque les températures sont fraîches, l'usage du chauffage est accrue et donc la part de PM10 liée à la combustion de biomasse est plus importante.

Les informations données par ce graphique donnent de précieuses informations lors de l'analyse des pics de pollution. Par exemple, on remarque que pour l'épisode du 03/03/2023, aucune augmentation significative de la part liée à la combustion de biomasse ou de matière fossile n'est enregistrée. Toutefois, une forte augmentation de la part de PM10 d'origine non définis est enregistrée. Ces particules d'origines non définies dans ce cas précis peuvent être mis en lien avec les activités agricoles, et notamment la reprise des activités d'épandages, source importante de particules secondaires (*Ammoniac + NOx* → *Particules*).

6.2.2. Evolution de l'origine des particules PM10 au cours d'une journée

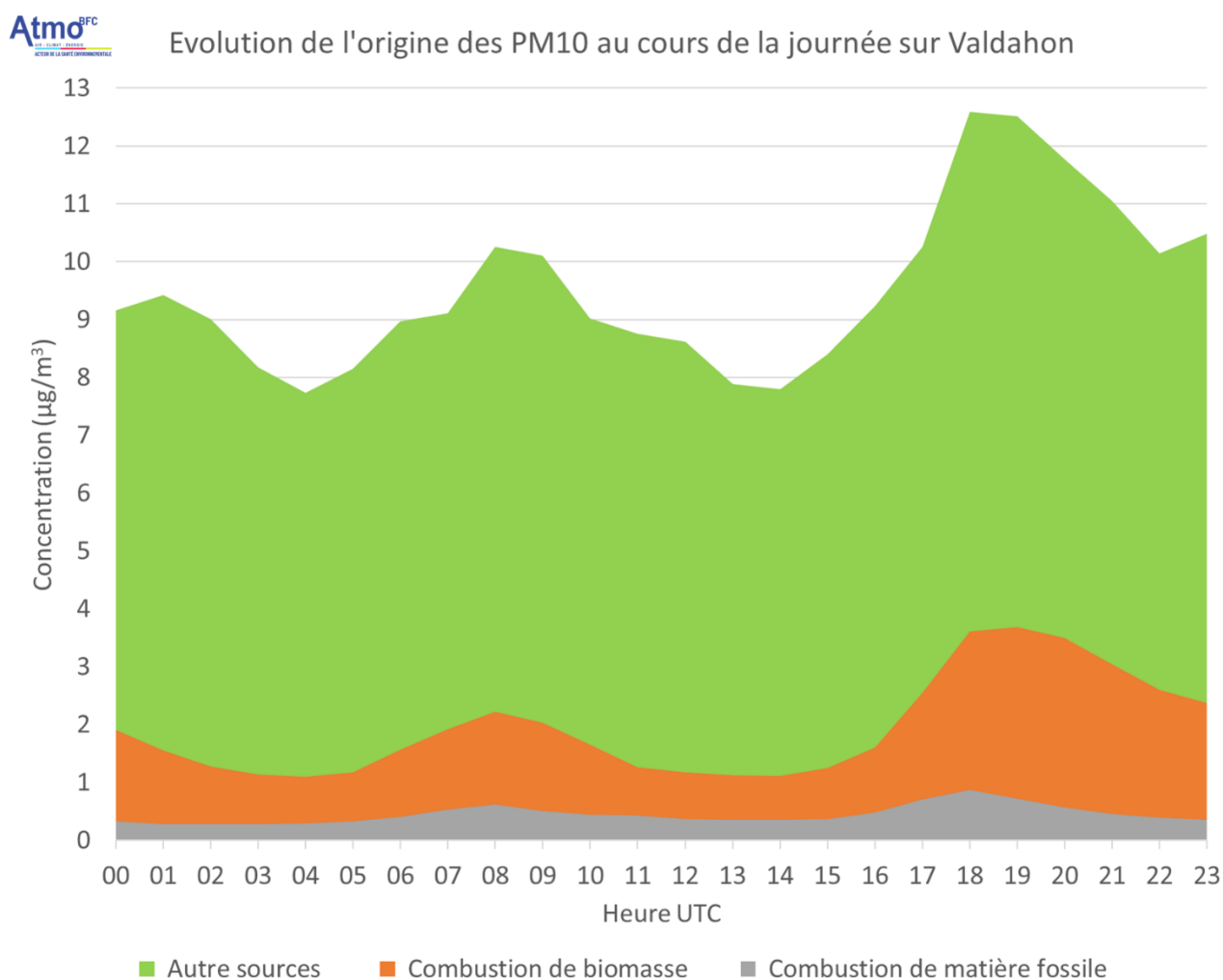


Figure 18 : Evolution de l'origine des particules PM10 au cours de la journée sur Valdahon

La figure 18 permet d'étudier l'évolution de l'origine des particules au cours de la journée sur Valdahon.

Bien que la contribution de la matière fossile (associée au trafic routier) soit faible sur Valdahon, cette figure illustre qu'elle tend à être plus importante aux heures de pointes, soit lors des déplacements domicile ⇔ travail.

La contribution de la combustion de biomasse (associée au chauffage domestique) montre également un profil bimodal :

- Elle est maximale en fin de journée (entre 16 et 23h environ), puis elle redescend ensuite progressivement après minuit.
- L'utilisation du chauffage domestique contribue également (dans une moindre mesure) au pic observé le matin, avec des concentrations qui augmentent entre 6h et 10h. En se levant, les personnes rallument en effet leur système de chauffage.

6.3. Dioxyde d'azote (NO₂)

Seul le NO₂ est réglementé en air ambiant, les analyses seront donc focalisées sur ce polluant.

6.3.1. Données globales et comparaison aux seuils réglementaires

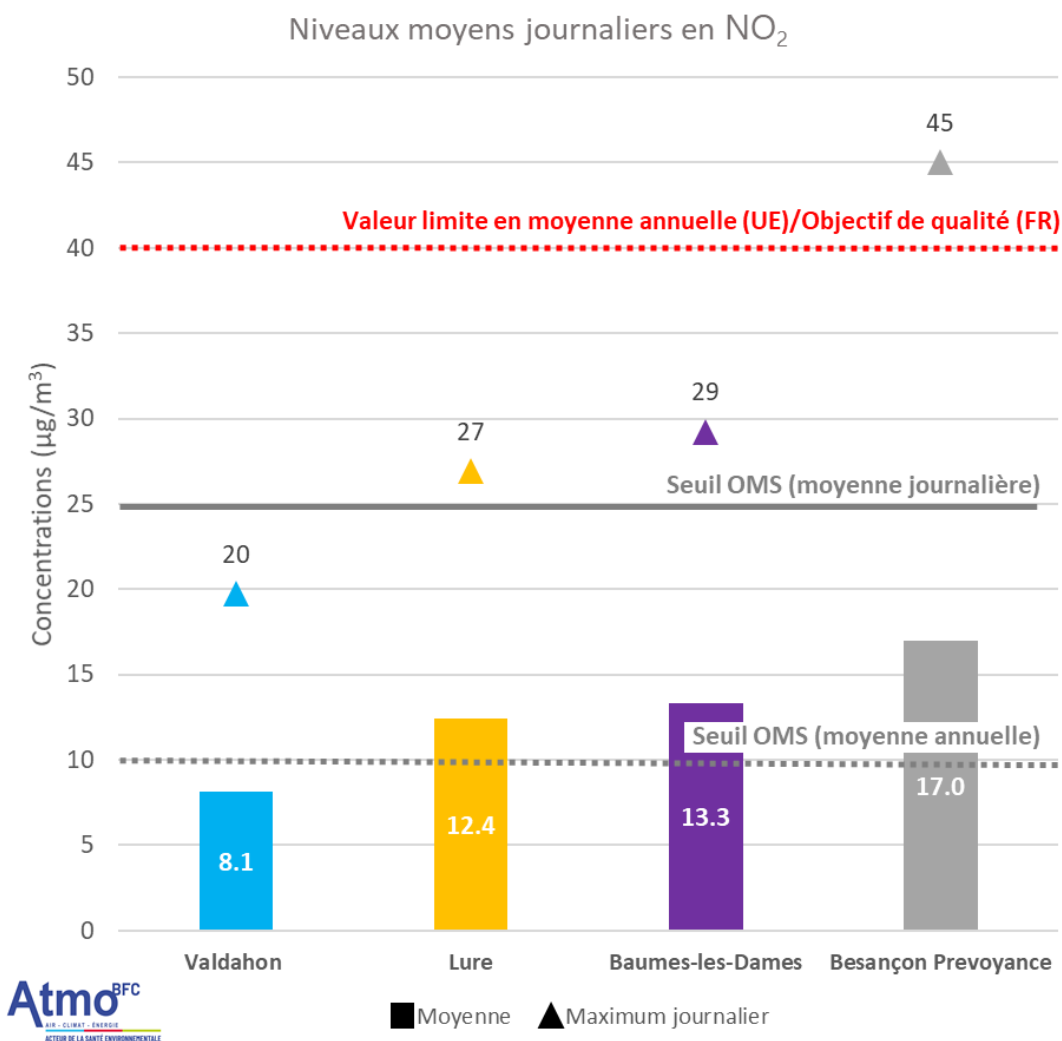


Figure 19 : Niveaux moyens journalier en NO₂

L'analyse de la figure 19 met en lumière que :

- Les niveaux les plus élevés sont mesurés sur Besançon Prévoyance, suivi par la station de Baume-les-Dames ;
- Les niveaux mesurés sur Valdahon sont les plus faibles de ce groupe de comparaison.

Ces résultats ne sont guère surprenant. Besançon est la ville la plus peuplée de ce groupe de comparaison, le trafic y est donc plus conséquent que sur les autres communes. La station de

Baume-les-Dames étant une station de typologie urbaine sous influence trafic, il est plutôt cohérent d'observer des niveaux de NO₂, marqueur du trafic routier aussi élevé sur cette station.

Les niveaux plus faibles sur Valdahon peuvent encore une fois être expliqué par les **conditions météorologiques (vents intenses)**, ainsi que la **position de la station de mesure mobile**. L'impact de la circulation routière sur les niveaux de **NO₂ est limité à un périmètre très restreint autour des axes routiers** (quelques dizaines de mètre seulement). La station est bien implantée au cœur de ville, mais, sur un parking plutôt isolé de la circulation. De ce fait, bien que ce parking soit **proche de la grande rue de Valdahon** (150m environ) dont la circulation est modérée (entre 4300 et 4500 véhicules par jour selon les estimation OPSAM), il est situé **trop loin pour être influencé de manière forte par cet axe routier**.

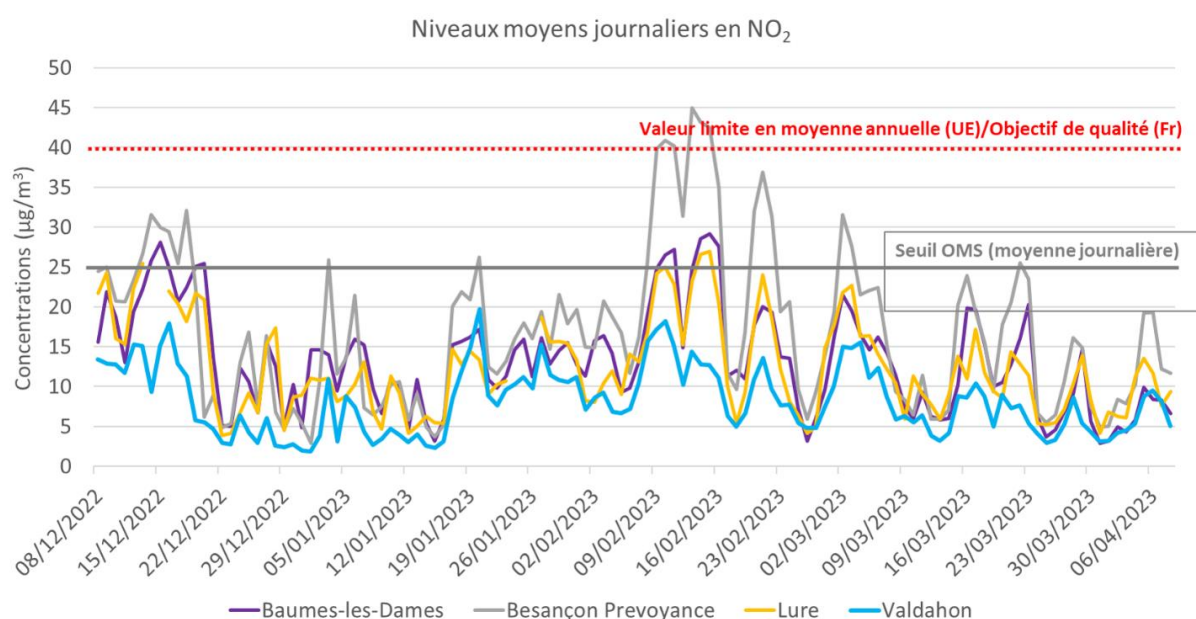
Les concentrations de NO₂ sont ainsi relativement hétérogènes au sein d'une même commune, cette station reste toutefois représentative de **l'exposition générale de population de Valdahon**, non soumise à cette pollution spécifique. *Pour avoir une idée plus précise de l'exposition à ce polluant, il faudrait installer plusieurs analyseurs à différent points de la commune.*

Ainsi, à Valdahon, la population urbaine en général est exposée à des concentrations conformes aux valeurs réglementaires, ainsi qu'aux préconisations de l'OMS.

La population urbaine de Valdahon n'a pas été exposée durant cette campagne de mesure hivernale à des dépassements des seuils règlementaires, ni à des dépassements des seuils OMS.

6.3.1. Evolution des concentrations sur la période d'étude

Figure 20 : Niveaux moyens journaliers en NO₂



Les profils des différentes stations sont similaires, en effet, les grandes tendances sont partagées sur l'ensemble des stations. Ce graphique souligne encore une fois que les niveaux mesurés sur Valdahon sont systématiquement plus faibles que sur les autres stations du groupe de comparaison.

6.3.2. Analyse du profil journalier horaire

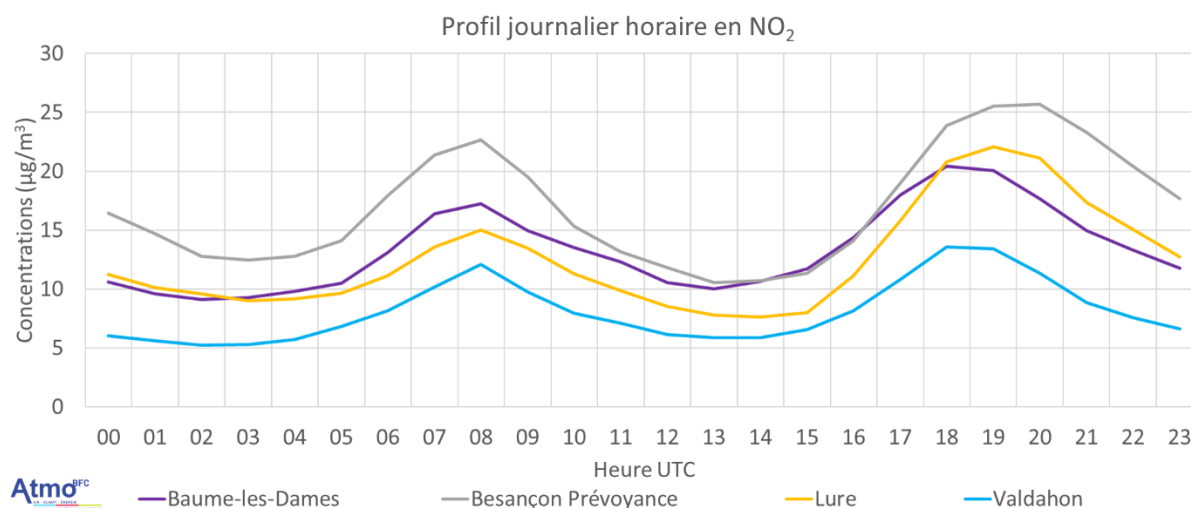


Figure 21 : Profil journalier horaire en NO₂

Les profils journaliers horaires en NO₂ sont relativement similaires entre les stations. Deux hausses de concentrations sont observées la première en début de matinée, et la seconde en fin d'après-midi. Ces deux hausses sont liées au déplacement domicile ↔ travail et soulignent l'importance du trafic routier dans les émissions de NO₂, comme pour les PM₁₀.

6.4. Conclusion sur l'étude des niveaux de Valdahon

Les niveaux mesurés durant cette campagne sur la commune de Valdahon pour les polluants réglementés dans l'air ambiant (PM₁₀, PM_{2,5} et NO₂) sont plutôt faibles comparés aux autres stations du réseau Atmo BFC.

Les niveaux de cette campagne de mesure hivernale respectent les seuils réglementaires en vigueur (ce qui n'est pas le cas de l'ensemble des stations considérées dans ce rapport), et sont conformes aux préconisations de l'OMS, excepté pour les PM_{2,5} (situation similaire au niveau régional voire national).

L'association de différents facteurs pourrait permettre d'expliquer ces niveaux plus faibles que les autres stations.

Premièrement, bien que le nombre de logement se chauffant au bois ne soit pas négligeable, les concentrations de particules fines au regard des autres sites sont faibles. Ceci pourrait être expliqué par le nombre important de logements récents sur Valdahon, mieux isolés et avec des systèmes de chauffages plus performants.

Ensuite, même si la station est implantée au cœur de ville, elle était suffisamment éloignée des axes routiers majeurs de Valdahon pour ne pas être sous leurs influences directes (ce n'est pas le cas de Baume-les-Dames par exemple).

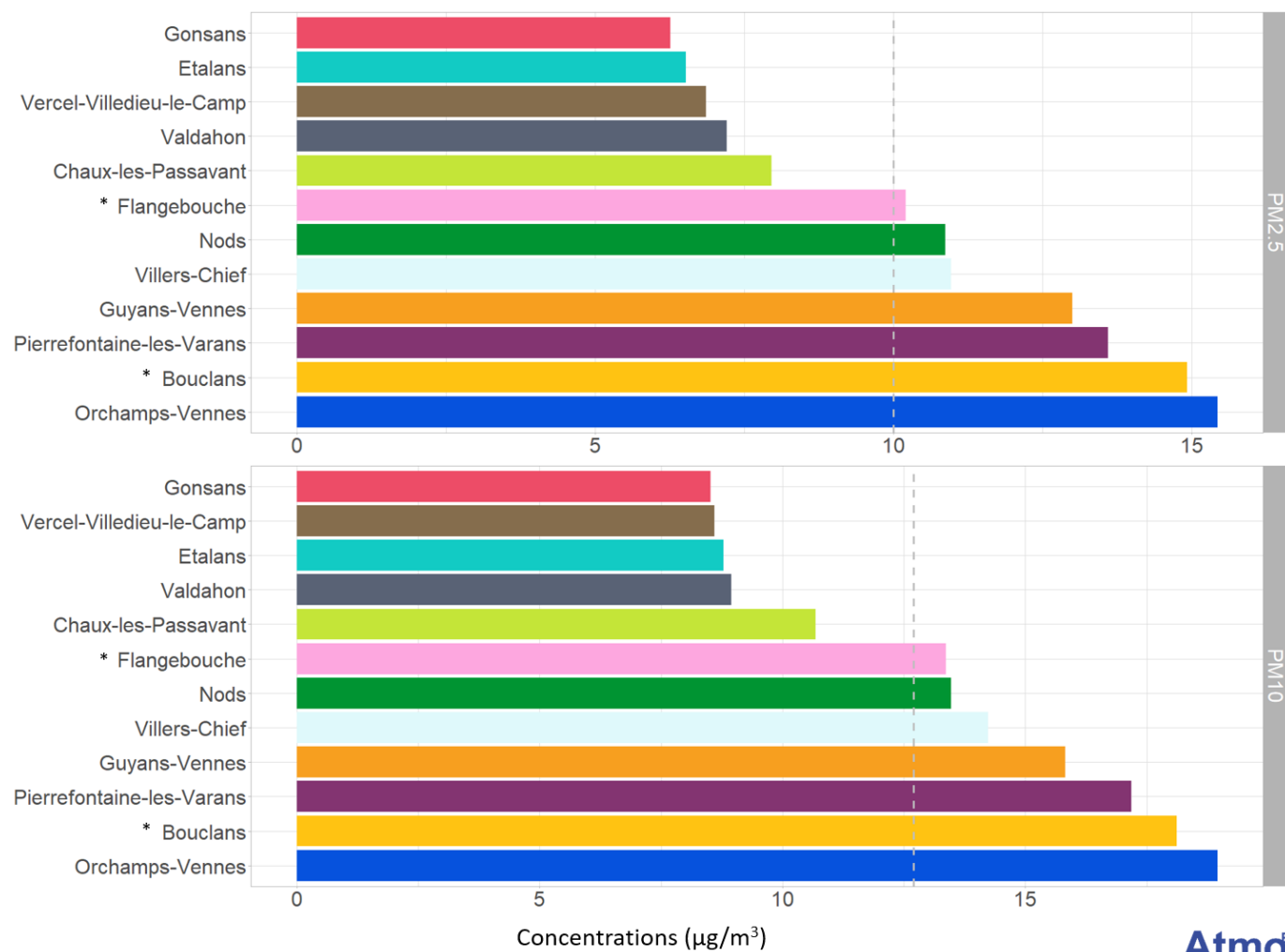
Les paramètres météorologiques ont également pu jouer un rôle. En effet, les vents furent plus intenses sur le secteur de Valdahon que sur les autres stations permettant un brassage plus intense des polluants dans l'atmosphère. La pluviométrie légèrement plus élevée a également pu favoriser une bonne qualité de l'air.

7. Etude des variations locales au sein de la CCPHD

Cette évaluation portera sur l'analyse des données mesurées par les microcapteurs. Du fait du caractère encore exploratoire de ces mesures associées à leur incertitude, **cette analyse est à prendre à titre indicatif uniquement.**

7.1. Analyse inter-sites

7.1.1. Niveaux moyens



* Taux de fonctionnement faible, de l'ordre de 61% pour Bouclans et de 74% sur Flangebouche



Figure 22 : Concentrations moyennes en PM2.5 et PM10 sur les sites de la CCPHD, la ligne grise en pointillé correspond à la moyenne enregistrée sur l'ensemble des sites

Les concentrations moyennes mesurées durant la période de mesure, sont présentées sur la figure 22. Ce graphique vise à donner un ordre d'idée générale des niveaux mesurés sur l'ensemble des communes choisies pour cette campagne.

D'après cette figure, quelques sites sont marqués par des niveaux supérieurs aux autres c'est le cas notamment de Pierrefontaine-les-Varans, Orchamps-Vennes et Guyans-Vennes. Bien que les niveaux les plus élevés soient enregistrés sur la station de Bouclans, cette observation doit être considérée avec précaution au regard du taux de fonctionnement et des incertitudes de mesures. En effet, le taux de fonctionnement sur cette station sur la période est relativement faible (61%), cela a pu influencer de manière non négligeable les moyennes enregistrées.

Aucune tendance nette n'a pu être associée à la typologie des sites (rural/trafic/résidentiel) : cela souligne que d'autres paramètres jouent un rôle.

Comme évoqué précédemment, et contrairement à ce qu'on pourrait penser le nombre d'habitants n'est pas un critère influençant de manière déterminante les concentrations : les communes les moins peuplées ne sont pas marquées par des niveaux plus faibles que les grosses communes. En effet, dans les petits villages, où le bois est souvent le combustible principal, les émissions tendent à être concentrées sur un secteur plus restreint, au cœur du village, ce qui peut expliquer pourquoi de tels niveaux sont parfois enregistrés.

Cette analyse confirme également le rôle « secondaire » du nombre de logements se chauffant au bois. Par exemple, les niveaux mesurés sur Villers-Chief sont plus élevés que ceux mesurés sur Chaux-les-Passavant (et aussi que la plupart des autres sites) alors que le nombre de logements se chauffant au bois est similaire sur ces deux communes.

D'autres paramètres ont également pu influencer les niveaux : l'âge des logements (et donc l'isolation), la performance du système de chauffage ou encore la qualité des combustibles utilisés... Ce sont toutefois des paramètres dont l'influence est difficilement vérifiable et quantifiable. Outre ces éléments inhérents aux logements, d'autres facteurs peuvent également avoir pu impacter les niveaux, c'est le cas de la position de la station. Par exemple, la situation en cuvette de Guyans-Vennes a pu favoriser l'accumulation des particules. Cela pourrait expliquer pourquoi sur cette communes les niveaux sont parmi les plus élevés de ce groupe de comparaison.

Les conditions météorologiques auraient également pu jouer un rôle. Les données de pluviométrie ou de vent, paramètres ayant une influence forte sur les niveaux ne sont pas disponibles à l'échelle communale : les différences locales pouvant exister pourraient avoir influencées les niveaux.

7.1.2. Evolution journalières

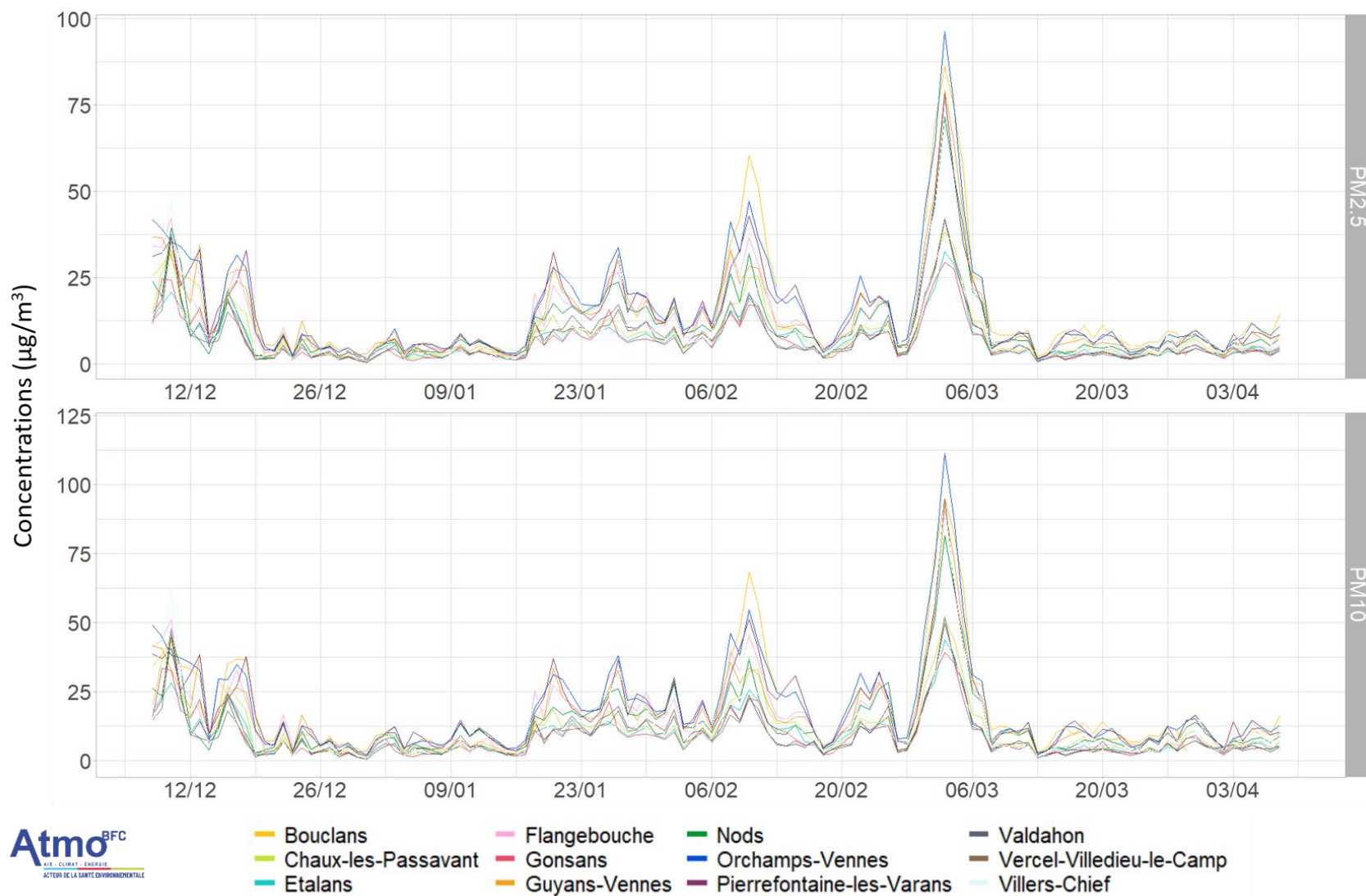


Figure 23 : Evolutions journalières des concentrations de PM2.5 et PM10 sur les stations de la CCPHD au cours de la campagne de mesure

La figure 23 présentée page suivante représente l'évolution des concentrations journalières en PM10 et PM2,5 pour l'ensemble des sites de la CCPHD. Les profils des stations sont relativement similaires, les hausses de concentrations observées au cours de la période sont par exemple partagées entre l'ensemble des sites. Ces évolutions similaires peuvent être expliquées par les données météorologiques, et font écho à ce qui a déjà été rapporté sur la figure 12. Les périodes de précipitations ou de vent intense sont généralement associées à de faibles niveaux de polluants. A contrario, les conditions météorologiques anticycloniques (absence de vent, de précipitation, températures très fraîches) telles qu'observées au début du mois de février et au début du mois de mars sont marquées par des concentrations plus élevées.

Ce graphique met également en lumière quelques différences. Il illustre que certaines stations sont, tout au long de la campagne, marquées par des concentrations plus élevées de polluants. C'est le cas de Bouclans, Orchamps-Vennes ou encore Pierrefontaine-les-Varans.

7.1.1. Profil journalier horaire

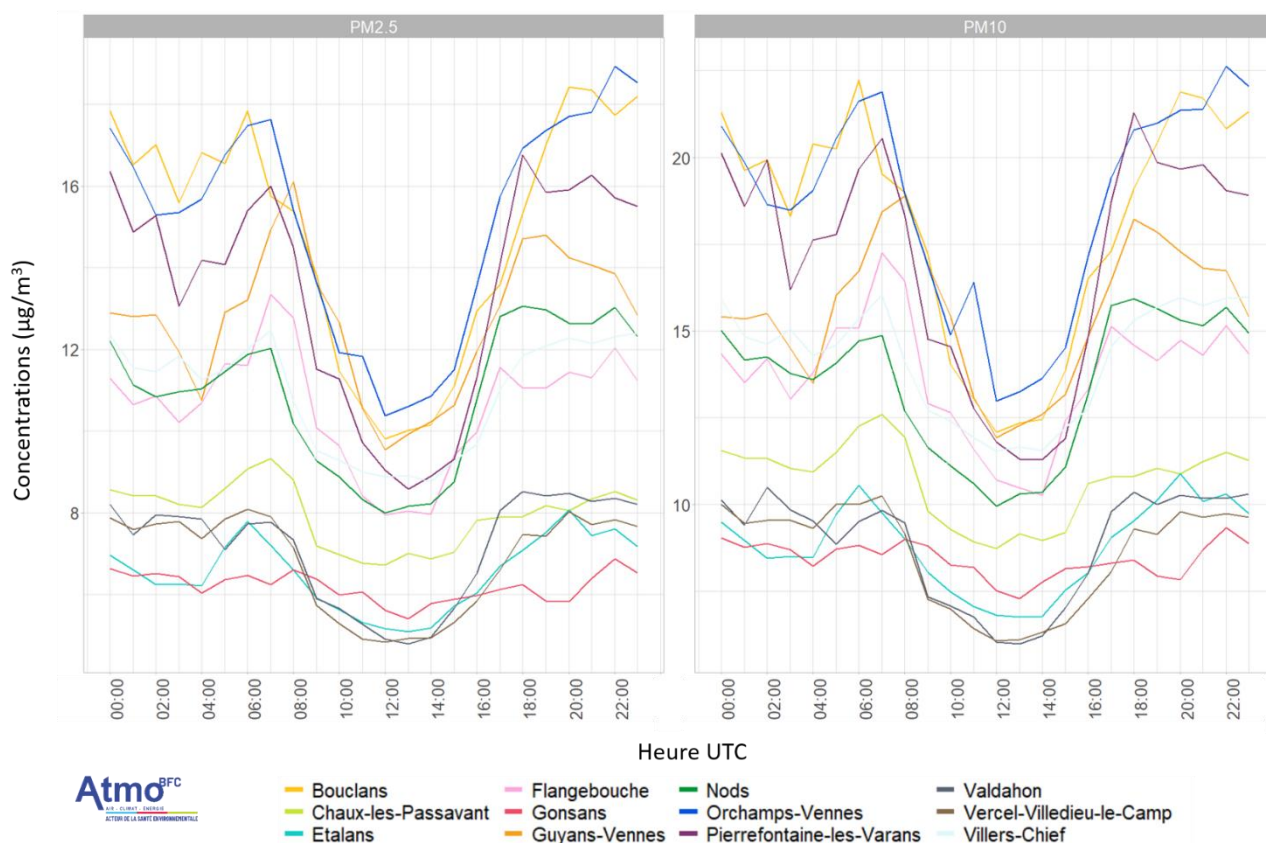


Figure 24 : Profils journaliers horaires pour les PM2.5 et PM10

L'analyse du profil journalier horaire des microcapteurs, présentée figure 24 montre les mêmes conclusions que pour la partie 6.1.1, et illustrent l'impact des activités humaines (trafic routier, chauffage domestique) couplé au cycle diurne de la couche limite atmosphérique (brassage nocturne moins important et donc accumulation de polluant plus importante durant la nuit).

L'intérêt de ce graphique, c'est qu'il permet de souligner les différences qui existent entre les différents sites. C'est encore une fois à Bouclans, Orchamps-Vennes, Pierrefontaine-les-Varans et Guyans-Vennes que les niveaux sont les plus élevés et ce, peu importe le moment de la journée. De plus, les variations de concentrations au cours de la journée sont plus importantes sur ces sites que sur les autres. Compte tenu des horaires d'émissions, cela pourrait être lié à un impact plus important du chauffage domestique sur ces stations.

7.2. Analyse par site

Afin d'avoir une vision plus détaillée des résultats et des niveaux au sein du territoire de la CCPHD, une analyse commune par commune est proposée en Annexe 5.

➤ 8. Conclusion concernant l'impact du chauffage bois sur la qualité de l'air de la CCPHD

L'ensemble des analyses menées dans le cadre de ce rapport a permis d'avoir une vision plus précise de l'impact du chauffage au bois sur la qualité de l'air de la CCPHD et sur **la pollution particulaire**. En effet, le chauffage résidentiel ne contribue pas de manière très forte aux teneurs en oxydes d'azote, marqueur du trafic routier.

Premièrement, l'analyse des profils journaliers horaire a permis de démontrer que, tous les sites, sauf exception (Gonsans et dans une moindre mesure Etalans) montraient des **concentrations de particules fines influencées par les émissions du chauffage domestique**. En effet, la distribution bimodale avec une hausse de concentrations en début de matinée, et une seconde en fin de journée (qui se poursuit au cours de la nuit) peut être associée aux habitudes de vie des habitants. Le système de chauffage est allumé en rentrant du travail, puis ralenti au cours de la nuit pour être ensuite rallumé le matin. Au-delà de la corrélation des horaires, l'analyse des données black carbon sur la station de Valdahon a permis de renforcer cette hypothèse, montrant une contribution très nette de la combustion de biomasse à ces deux hausses de concentrations (voir figure 18). L'utilisation accrue du système de chauffage n'est pas la seule explication aux variations de concentrations enregistrées. En effet, en fin de journée, lorsque la nuit tombe, le brassage des masses d'air est plus limité que durant la journée (lié au cycle diurne de la couche limite). Les émissions nocturnes ont donc

tendance à s'accumuler favorisant des concentrations de polluant plus élevées que durant la journée, et ce jusqu'au lever du soleil.

Deuxièmement, **l'impact du chauffage au bois semble plus marqué sur certains sites** ; c'est notamment le cas sur Orchamps-Vennes, Pierrefontaine-les-Varans, Bouclans et Guyans-Vennes. Les concentrations relevées sur ces communes sont d'une part parmi les plus élevées des sites étudiés, et d'autre part, l'analyse de leur profil horaire montre des variations de concentrations plus importantes au cours de la journée. Le cas de Guyans-Vennes est un peu particulier en effet, le village est situé légèrement en cuvette, ce qui accentue le phénomène d'accumulation, cette situation pourrait expliquer les concentrations enregistrées. Pour les autres sites, il n'est pas possible de déterminer avec certitudes les causes de ces concentrations élevées. Comme évoqués précédemment plusieurs paramètres peuvent jouer un rôle : la performance du système de chauffage, la qualité des combustibles, (les granulés sont moins émissifs par exemple), l'entretien de l'appareil ou encore l'isolation du logement ... **Les niveaux hivernaux mesurés restent cependant conformes aux valeurs réglementaires en vigueur, et ce, sur l'ensemble des stations.**

Ensuite, l'analyse de ces données soulignent que, **même les petits villages ne sont pas épargnés**. En effet, les résultats ne montrent pas de lien entre le nombre d'habitants (et/ou le nombre de logements se chauffant au bois) et les concentrations mesurées. Sur Villers-Chief par exemple, village plutôt rurale et peu peuplée, les concentrations sont supérieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. En effet, dans les petits villages, où le bois est souvent le combustible principal, les émissions tendent à être concentrées sur un secteur plus restreint, au cœur du village. A cela, s'ajoutent les paramètres évoqués précédemment (âge des logements, performance du système de chauffage ...).

L'étude de cas menée sur Nods (voir fiche site) visait à étudier la **contribution de la chaufferie bois** aux concentrations mesurées. Le capteur étant en effet implanté à proximité de la chaufferie (environ 150 m). L'analyse de la rose de pollution montre que les plus fortes concentrations mesurées ne proviennent pas uniquement du nord-ouest de la zone, où est implanté la chaufferie. Ainsi, même si la chaufferie a pu contribuer aux fortes concentrations mesurées, **elle n'en est pas l'unique source sur la commune.**

Enfin, il ne faut pas oublier **l'impact des conditions météorologiques** sur les niveaux observés, quel que soit le polluant mesuré, et les sources d'émissions. En effet, et comme illustré par les évolutions journalières au cours de la campagne, certaines périodes sont marquées par des niveaux relativement élevés de polluants. Ces périodes de fortes concentrations sont associées à des conditions météorologiques anticycloniques (absence de vent, de précipitation et inversion thermique), conditions propices à l'accumulation de polluants.

LES STATIONS MOBILES



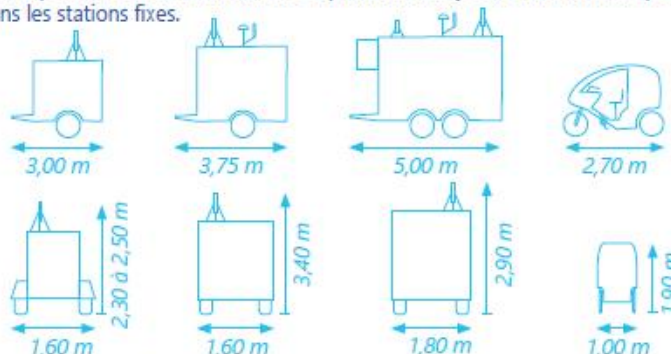
En Bourgogne-Franche-Comté, la surveillance de la qualité de l'air est assurée par le déploiement de divers outils, dont un réseau de stations fixes.

Ce réseau est complété de plusieurs stations mobiles, qui permettent d'effectuer des campagnes de mesures temporaires sur l'ensemble du territoire :

- mesure de la qualité de l'air dans des zones non couvertes par les stations fixes,
- Evaluer directement l'impact d'établissements industriels, d'axes de circulation...,
- Confirmer la bonne implantation des stations existantes,
- Participer à l'élaboration des plans prévus par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (plan régional de qualité de l'air, plan de déplacement urbain, plan de protection de l'atmosphère...).

La flotte de stations mobiles

La flotte de stations mobiles d'Atmo BFC consiste en 5 remorques, 1 camion et 1 triporteur abritant chacun un ou plusieurs analyseurs : les mêmes que dans les stations fixes.



Les paramètres mesurés en continu

Une station mobile abrite un ou plusieurs analyseurs mesurant chacun, en continu et de manière automatique, un polluant spécifique : ozone, oxydes d'azote, dioxyde de soufre, particules (PM10, PM2,5), monoxyde de carbone ou encore black carbon. Des équipements annexes peuvent permettre de suivre les BTEX, métaux ou HAP. Les paramètres météo sont également suivis (vitesse et direction du vent, température, pression, humidité, pluviométrie, rayonnement solaire...).

Les critères d'implantation

L'installation d'une station mobile est soumise à divers critères techniques, administratifs et relatifs à la sécurité du matériel comme des intervenants :

- Emplacement de niveau, sans obstacles aériens pour le mât météo,
- Proximité d'une source d'électricité en continu à moins de 40m (Alimentation 2 x 16A / 230V / 50Hz ; Consommation hebdo ≈ 250kWh),
- Accès facilité au véhicule de maintenance pour la durée complète de la campagne de mesures (ex: place de parking réservée),
- Emplacement sécurisé,
- Accord de la collectivité et/ou du propriétaire de l'emplacement.



Description des équipements

Tête de prélèvement

Chaque station mobile, hormis le triporteur, est équipée d'une ou plusieurs têtes de prélèvement d'air, adaptées au polluant mesuré par l'analyseur auquel elle est reliée.

Analyseur

Chaque analyseur est connecté à une unique station d'acquisition, qui centralise l'ensemble des résultats de mesures (une donnée tous les quarts d'heure pour les gaz, toutes les heures pour les particules).

Station d'acquisition

Ces données sont transmises, via une connexion internet 3G, à un poste central où elles sont mises à disposition des travaux d'Atmo BFC.

Box internet

Le service technique a ainsi possibilité de réaliser certaines opérations à distance, comme le calibrage ou le reboot d'appareils par exemple.

Poste central

Les données de mesures alimentant la base en continu, celles-ci font quotidiennement l'objet d'une analyse critique en vue de valider leur fiabilité au préalable de leur utilisation.

Diffusion des données

Une fois validés, les résultats de mesures alimentent les bilans de surveillance et autres études spécifiques. Les mesures des stations mobiles peuvent également être consultées en direct sur le site www.atmo-bfc.org

Annexe 2 : Vérification de la robustesse des mesures par microcapteur

A) Phase de test avant la campagne

Avant leur déploiement en site fixe, les capteurs ont fait l'objet d'une mise en test, ils ont été installés sur une station de mesure fixe de référence, afin de s'assurer :

1. De la bonne comparaison des données des capteurs avec la station de mesure ;
2. De la bonne cohérence des capteurs entre eux.

	Lieu d'utilisation du capteur lors de la campagne	PM10			PM2.5		
		Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum
Série 1	Flangebouche	68.0	19.0	2.3	12.1	53.0	1.2
	Pierrefontaine-les-Varans	52.5	15.8	1.8	10.5	39.2	1.2
	Guyans-Vennes	68.0	19.4	2.3	13.4	54.0	1.3
	Orchamps-Vennes	86.7	20.5	2.3	14.1	59.5	1.7
	Les Premiers-Sapins-Nods	61.3	16.7	1.8	11.4	44.2	1.2
	Station (Montbéliard)	83.3	18.4	1.3	7.8	35.3	0.1
Série 2	Chaux-lès-Passavant	44.7	10.2	0.8	33.0	7.5	0.5
	Bouclans	35.5	10.2	1.0	26.5	7.5	0.3
	Villers-Chief	43.7	12.8	0.8	32.3	9.5	0.3
	Gonsans	26.7	7.6	0.5	19.8	5.6	0.3
	Etalans	42.0	8.6	1.0	31.0	6.4	0.8
	<i>Flangebouche (joker)</i>	<i>138.7</i>	<i>14.4</i>	<i>0.3</i>	<i>45.8</i>	<i>9.6</i>	<i>0.2</i>
	Valdahon	70.5	12.9	0.5	37.3	9.1	0.0
	Vercel-Villedieu-le-Camp	82.5	12.1	0.5	40.3	8.0	0.3
	Station (Montbéliard)	51.6	12.3	0.5	45.7	7.9	0.1
Série 3*	<i>Bouclans (Joker)</i>	<i>21.3</i>	<i>6.6</i>	<i>3.0</i>	<i>13.3</i>	<i>5.7</i>	<i>2.5</i>
	<i>Bouclans (Joker)</i>	<i>14.0</i>	<i>5.4</i>	<i>2.0</i>	<i>10.5</i>	<i>4.6</i>	<i>1.8</i>

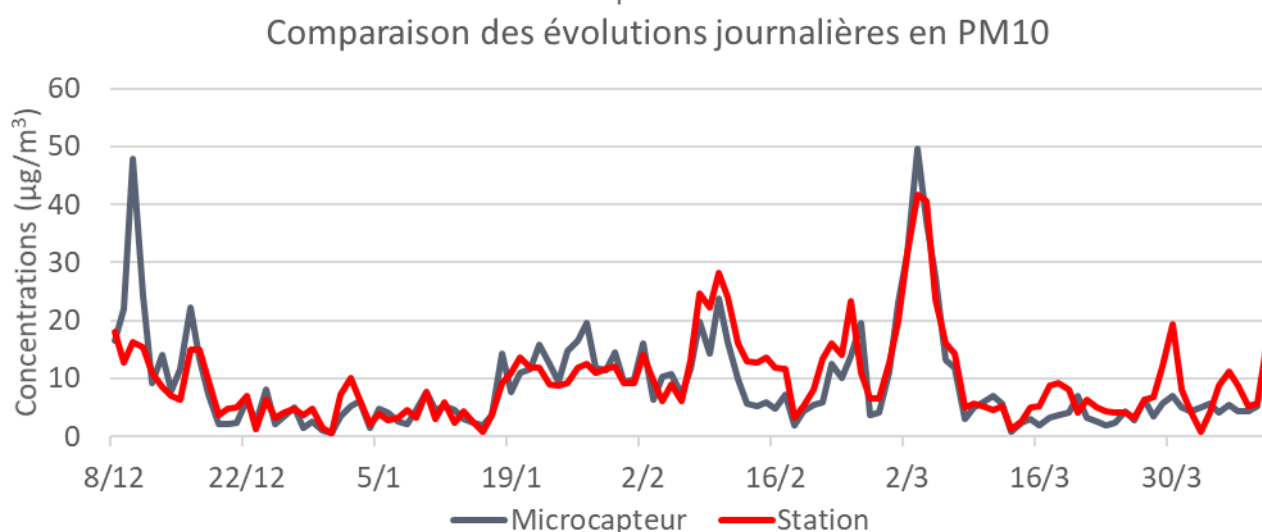
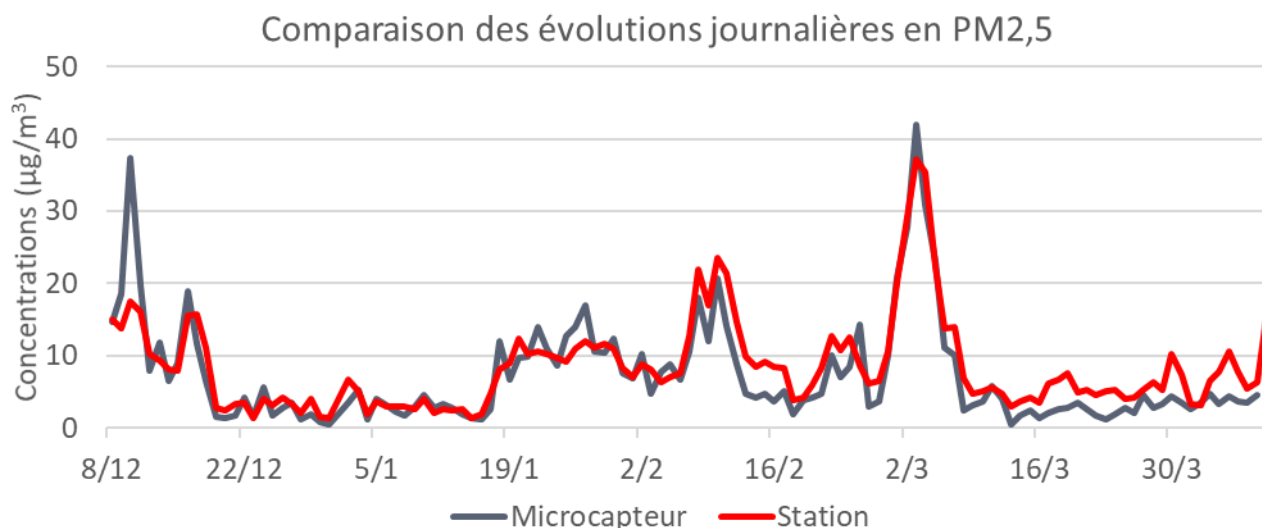
* Capteurs envoyés pour réparation chez le fabricant avant leurs utilisations les valeurs mesurés ont été testés en externe

Ce tableau vise à vous donner un résumé des valeurs obtenus au cours de cette phase de test. Comme souligné, les données microcapteurs montre une différence en terme de moyenne avec les données de la station, mais ils montrent également une certaine disparité entre eux avec des variations de l'ordre de quelques $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cela peut être expliqué par l'incertitude plus importe associée à ces données.

Ainsi, il est donc nécessaire de garder en tête le caractère exploratoire de ces données

B) Vérification pendant la campagne de mesure

Afin de s'assurer du bon fonctionnement des capteurs lors de la campagne, un capteur a été implanté sur la station de mesure mobile. Les données mesurées par ce microcapteur ont été comparées aux données mesurées par la station mobile.



Comparaison entre les niveaux mesurés par la station et le microcapteur implanté sur Valdahon

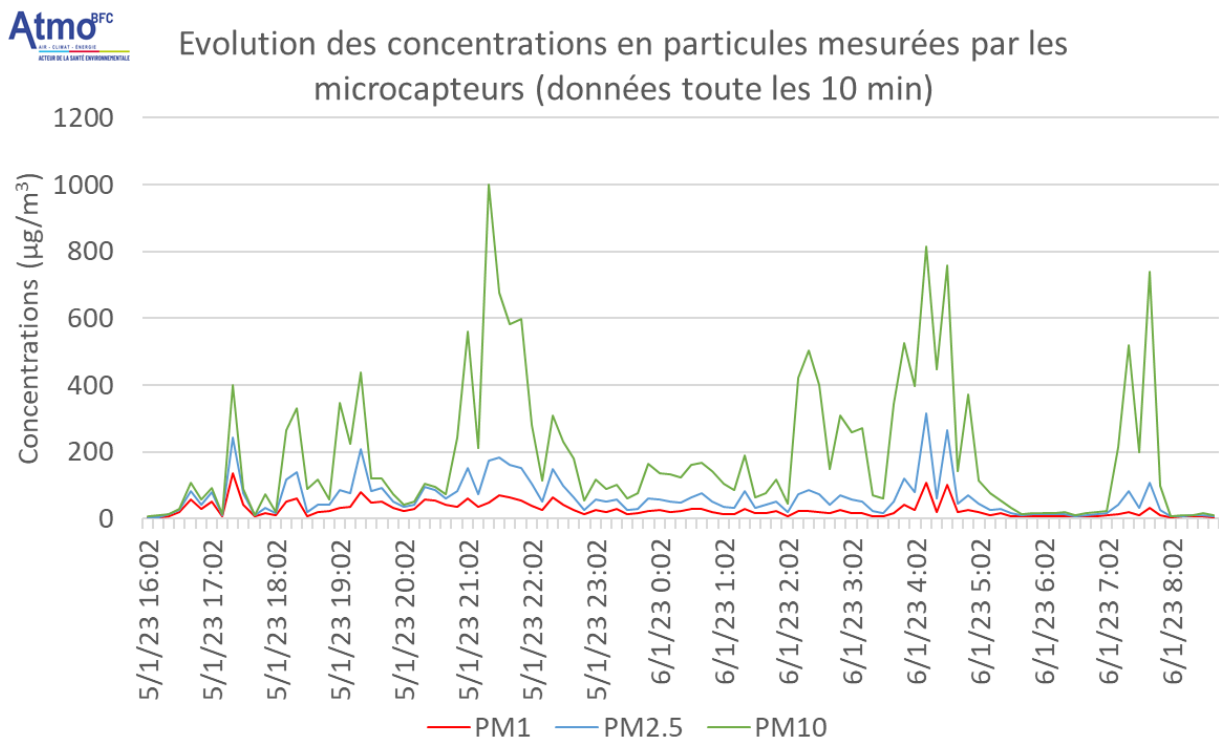
	PM10		PM2.5	
	Microcapteur	Station	Microcapteur	Station
Ecart moyen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,0		1.4	
Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,9	9,5	7,1	8,3
Minimal horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,2	0,1	0,2	0,1
Maximale horaire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	90,2	59,1	73,2	52,2

La figure et le tableau ci-dessus permettent de mettre en lumière les différences qui peuvent subsister entre les différents moyens de mesure.

Que ce soit pour les PM10, ou les PM2,5, les fluctuations des moyennes journalières sont plutôt similaires entre la station de mesure mobile et les microcapteurs. Toutefois, quelques différences peuvent être soulignées. D'une manière générale, les moyennes tendent à être plus élevées sur la station de mesure mobile que sur le microcapteur. En effet, les microcapteurs sont plus sensibles au pic de pollution et présentent une fiabilité moindre lorsque les

concentrations sont faibles. Ce constat est confirmé par l'analyse des maximums horaire pour lesquels on voit que le microcapteur présente les niveaux les plus élevés. Il faut également ajouter que, chaque mesure possède une gamme d'incertitude qui lui est propre. Pour les stations de mesure mobile, cette incertitude est autour $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en terme de données horaire et de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en terme de moyenne journalière.

Annexe 3 : Exemple de l'impact de l'humidité sur les niveaux



Ce graphique souligne l'impact des épisodes de brouillard, et donc de l'humidité sur les niveaux mesurés par les microcapteurs. Du fait de cet impact, des concentrations aberrantes allant jusqu'à parfois plus de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont pu être mesurées sur les microcapteurs. Une invalidation de ces données aberrantes a été effectuée afin de palier à ce problème.

Annexe 4 : Conditions météorologiques sur les sites de mesure du réseau Atmo

Paramètres		Valdahon	Lure	Besançon	Montandon	Baume-les-Dames
Station Météo-France		Epenoy	Saint Sauveur	Besançon	Maîche	Sancey-Le-Grand
Vents	% de vents nuls (< 1 m/s)	4,8	14,9	25	14,3	28,4
	% de vents faibles (< 4m/s)	54,1	58,6	58,6	65,1	45,5
	% de vents forts (>6 m/s)	26	13,4	3,7	3,7	9,6
Pluviométrie et température	Températures horaires minimales	-10,6	-9	-7,2	-18,2	-11
	Température horaire maximales	18,5	21	21,7	18,8	21,1
	Moyenne des températures	3,6	5,2	6	2,4	4,6
	Pluviométrie (mm)	356	243	339	403	349

La comparaison avec les données météorologiques mesurées sur les autres stations permet d'affiner l'analyse des concentrations mesurées durant la campagne.

Les températures horaires minimales et maximales mesurées sur Valdahon sont dans la moyenne de ce qui a pu être mesuré sur les autres stations.

Concernant la pluviométrie, qui rabat la pollution au sol, c'est sur Montandon qu'elle est la plus élevée. La pluviométrie mesurée sur Valdahon est proche de celle mesurée sur Baume-les-Dames et plus élevés que sur les autres stations, notamment celle de Lure.

Les vents forts sont sur Valdahon plus fréquents que sur les autres stations avec une fréquence de 26% contre 3.7% pour Montandon par exemple. Le pourcentage de vents nul est le plus faible sur Valdahon. Les conditions sur le secteur étaient donc plus propices à la dispersion des polluants.

Annexe 5 : Analyse par site

Bilan des mesures

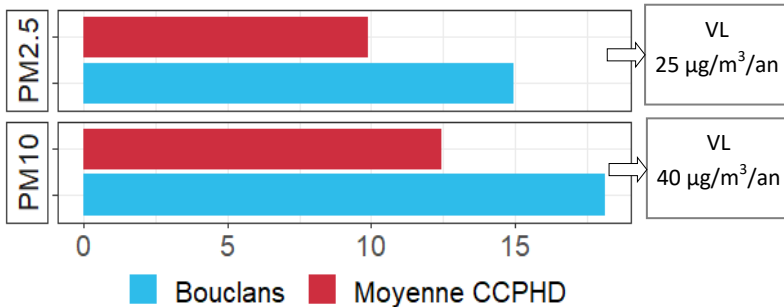
Site de Bouclans

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	Parking de l'école primaire
Influence majoritaire	Résidentielle
Spécificités du site	Niveaux de particules assez élevés au regard de la modélisation. Travaux de rénovation (intérieur bâtiment).
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	61% <i>Nombreux problèmes techniques ayant nécessité le changement de capteur</i>

BILAN GLOBALE



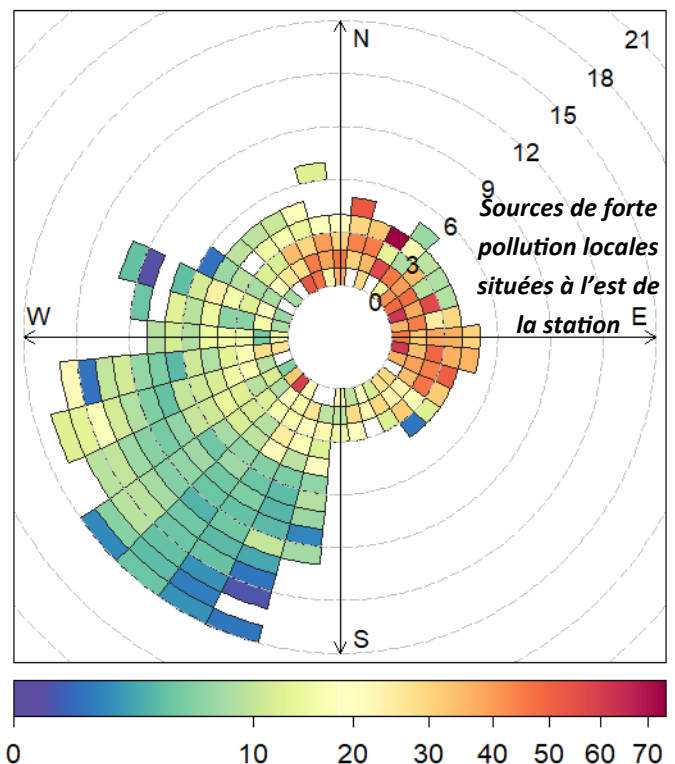
Les concentrations enregistrées sur le site de Bouclans sont supérieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD, quelque soit la fraction particulaire considérée. Cette observation reste toutefois à nuancer, du fait de nombreuses pannes de nos équipements sur ce site ; le taux de couverture est de seulement 61%, ce qui a pu influencer cette moyenne. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont cependant respectées.

ANALYSE

Les niveaux enregistrés sur Bouclans sont parmi les plus élevés de ceux mesurés sur la CCPHD. Une rose de pollution a été construite pour tenter d'en savoir plus sur l'origine de cette situation.

D'après la rose de pollution, les concentrations les plus élevées tendent à être mesurées en présence de vents faibles. Cette observation traduit la présence de sources d'émissions plutôt locales, l'accumulation de polluants se traduisant lors de conditions atmosphériques stables. L'orientation des vents semblent également jouer un rôle, puisque les concentrations sont plus élevées lorsque les masses d'air sont en provenance de l'Est. Cela est plutôt cohérent avec la position de la station, situé à l'Ouest du village, et donc de la majeure partie des habitations.

Aide à la lecture des roses de pollution : la position de chaque pixel du graphique dépend de la vitesse des vents (distance au centre de la figure) et de leur provenance (position par rapport aux axes cardinaux). Leur couleur est quant à elle déterminée par les concentrations moyennes rencontrées pour un régime de vent donné.



Bilan des mesures

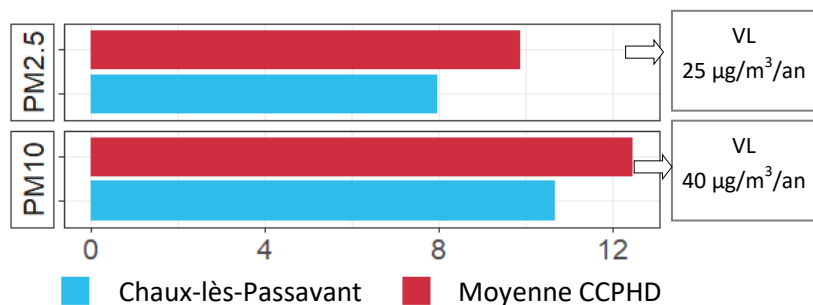
Site de Chaux-lès-Passavant

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	En face de la mairie
Influence majoritaire	Rurale
Spécificités du site	Pourcentage important de chauffage au bois sur la commune (72%)
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	99%

BILAN GLOBALE

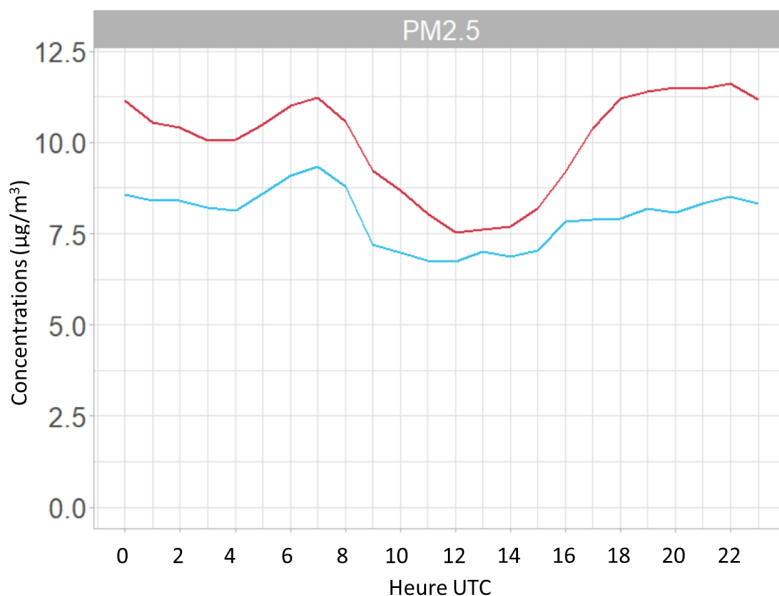


Le site de Chaux-Les-Passavant visait à étudier les niveaux de pollution dans un village de petite taille, sous influence majoritairement rurale. Les concentrations enregistrées sont inférieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. Ce n'est toutefois pas le site enregistrant les plus faibles valeurs, contrairement à ce qu'on aurait pu attendre d'un village de cette taille. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Le fait intéressant de ce graphique c'est qu'il souligne un impact moindre du chauffage domestique sur Chaux-les-Passavant par rapport aux autres sites de la CCPHD. Le pic du matin (lié au déplacement domicile => travail) est en effet plus intense que le pic observé en soirée, contrairement au profil moyen des autres stations.



— Chaux-les-Passavant — Moyenne générale
Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

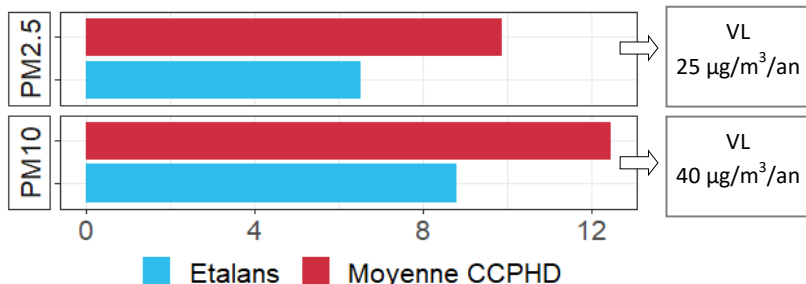
Site d'Etalans

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	En bordure de la nationale 57
Influence	Trafic
Spécificités du site	Mesures réalisées à une dizaine de mètres d'un axe relativement fréquenté
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	99%

BILAN GLOBALE

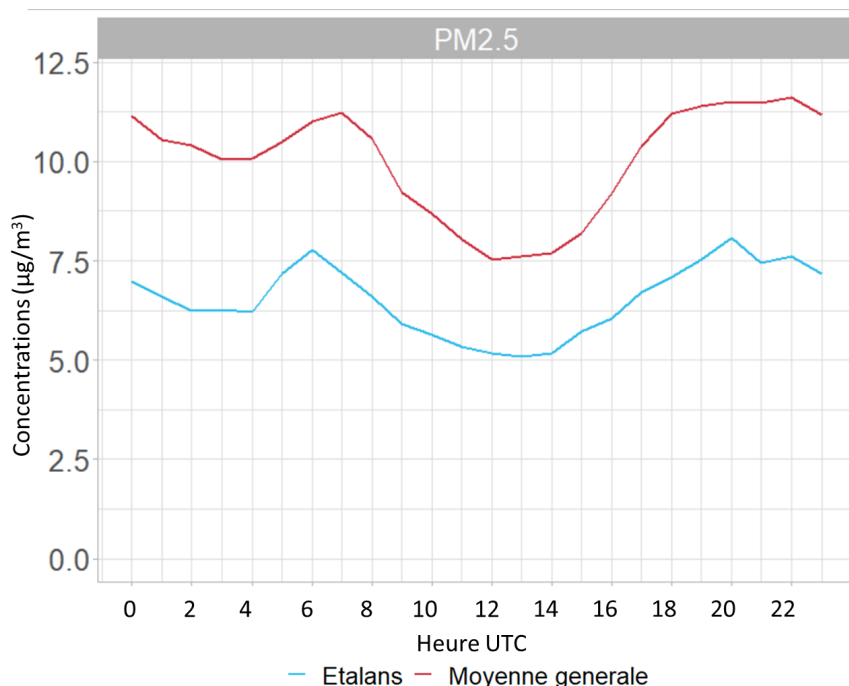


Les concentrations enregistrées sur le site d'Etalans sont inférieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD, quelque soit la fraction particulière considérée. La station étant implantée à proximité de la RN57, et non pas au cœur de village, elle n'était donc pas sous l'influence dominante des émissions du secteur résidentiel. Le trafic routier n'étant pas le contributeur principal des particules, il va plutôt impacter d'autres polluants tels que les oxydes d'azote, non mesurés par les microcapteurs. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Contrairement aux autres stations, sous influence plutôt résidentielle, les concentrations en fin de journée redescendent plus tôt sur Etalans (20h contre minuit) et le pic du matin est « moins aplati »: cela souligne un impact moindre du chauffage au bois sur cette station.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

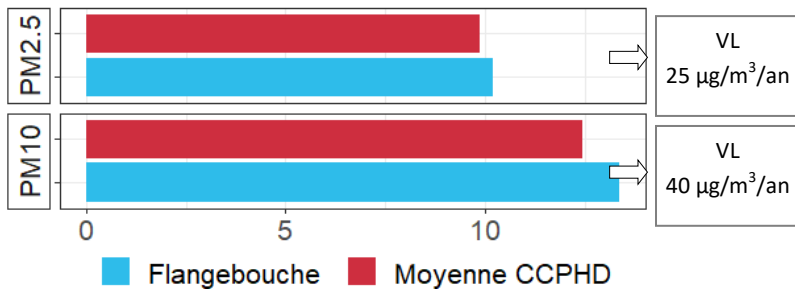
Site de Flangebouche

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	6 rue du Général de Gaulle
Influence majoritaire	Résidentielle
Spécificités du site	Site implanté au cœur du village
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	74% <i>Nombreux problèmes techniques ayant nécessité le changement de capteur</i>

BILAN GLOBALE

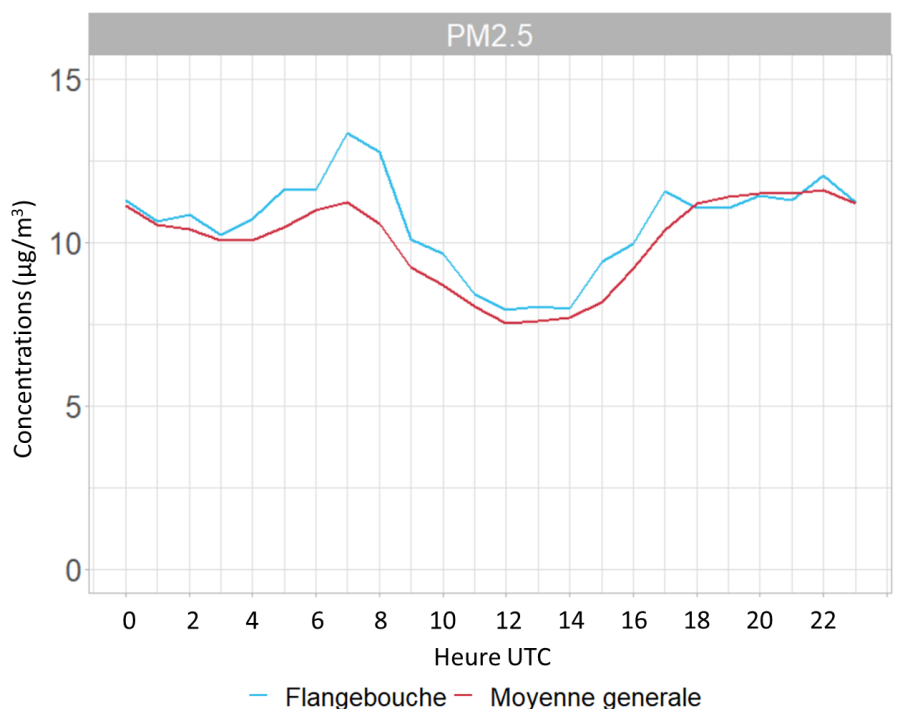


Les concentrations enregistrées sur le site de Flangebouche sont comparables à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Le profil sur Flangebouche est relativement similaire au profil moyen observé sur la CCPHD. Seule exception, le pic du matin est plus marqué à Flangebouche que sur les autres stations. Cela pourrait être dû à une circulation plus intense au niveau du capteur en début de matinée.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

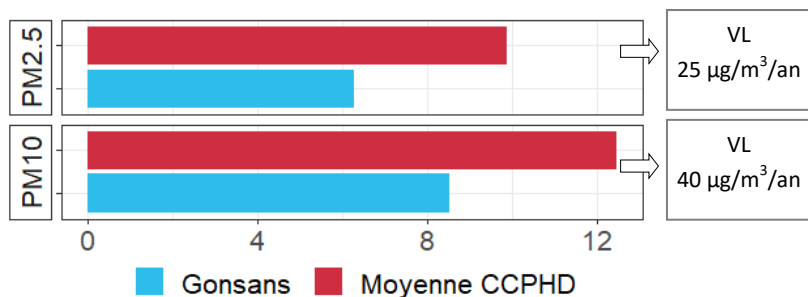
Site de Gonsans

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	12 rue de l'église
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Rénovation d'un bâtiment à une centaine de mètres du capteur et présence d'une carrière à environ 900m au nord-est
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	99%

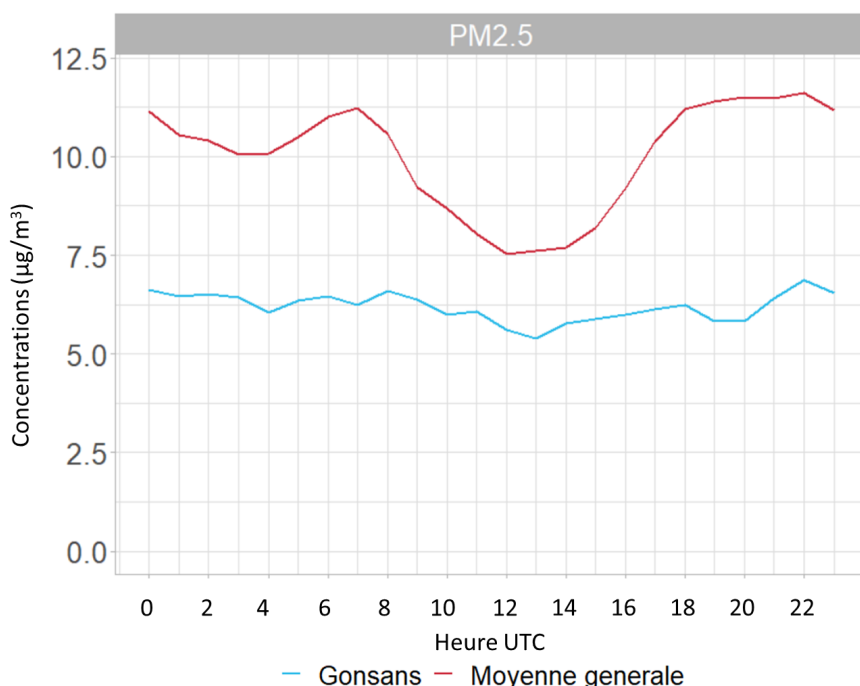
BILAN GLOBALE



Les concentrations enregistrées sur le site de Gonsans sont inférieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

Le profil journalier horaire sur Gonsans n'est pas du tout similaire aux profils moyens observés sur les autres stations de la CCPHD. En effet, le profil est relativement plat au cours de la journée et ne reflète pas l'influence du secteur résidentiel sur les niveaux. La hausse des concentrations liée à l'utilisation du chauffage, observée habituellement en fin de journée, et qui se maintient au cours de la nuit (voir courbe rouge) n'est pas retrouvée ici. Cela pourrait être lié à l'emplacement de la station. En effet, elle était implanté au centre du village, mais dans une zone entourée d'espaces verts et non pas au cœur des habitations.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

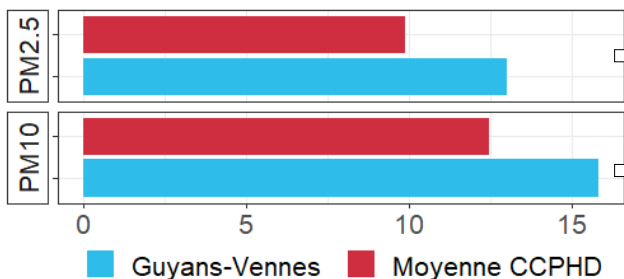
Site de Guyans-Vennes

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	En face du gîte « Le cadran solaire »
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Village légèrement enclavé
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	93%

BILAN GLOBALE

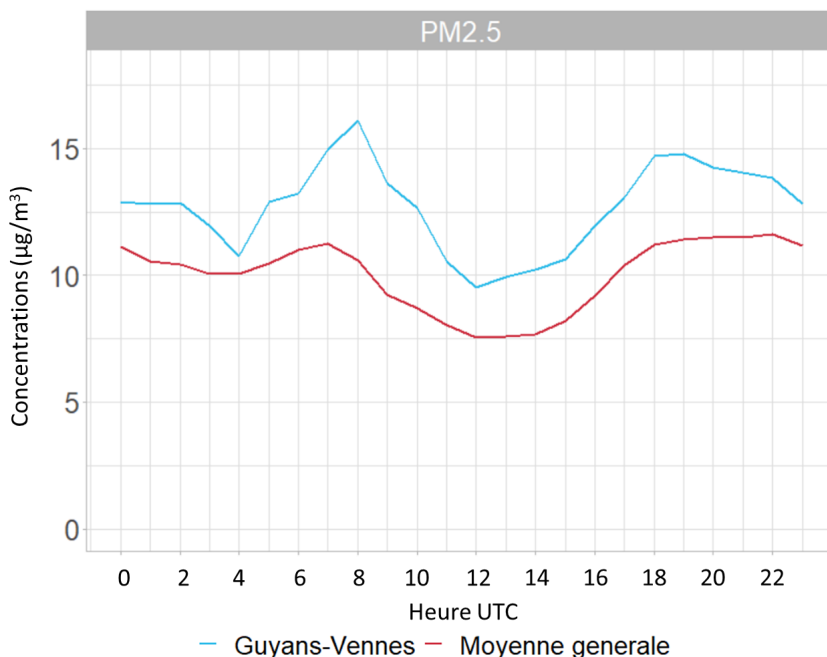


Les concentrations enregistrées sur le site de Guyans-Vennes sont supérieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Ce graphique montre que les niveaux sont systématiquement plus élevés sur le site de Guyans-Vennes comparés à la moyenne enregistrée sur la CCPHD. Cela pourrait être expliqué par la topographie du village, légèrement enclavée et propice à l'accumulation des polluants dans l'atmosphère. L'analyse de la figure montre que le pic du matin, qui peut être associée au déplacement domicile => travail, est aussi relativement élevé sur Guyans-Vennes, comparé aux autres sites ; ce qui peut indiquer une circulation plus intense sur le secteur.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

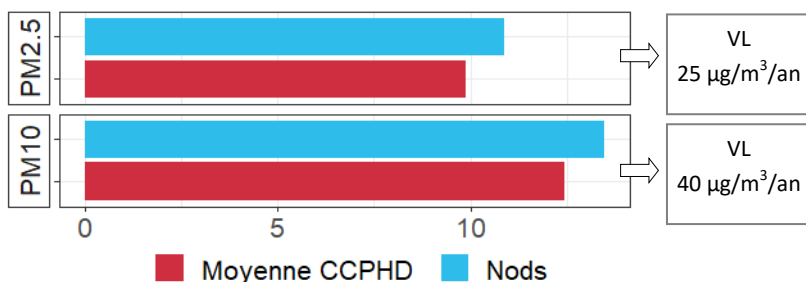
Site des Premiers-Sapins-Nods

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	Devant la mairie, à proximité de l'école
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Site implanté à environ 150 mètres de la chaufferie-bois de l'école
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	98%

BILAN GLOBALE



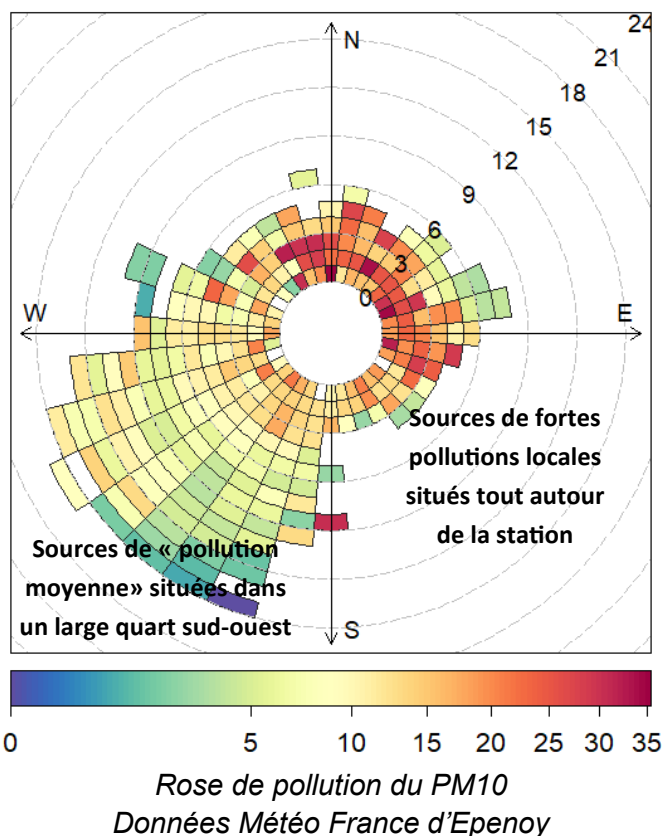
Les concentrations enregistrées sur le site de Nods sont légèrement supérieures à la moyenne des niveaux obtenus sur l'ensemble de la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

D'après la rose de pollution, les concentrations les plus élevées (>20 µg/m³) tendent à être mesurées en présence de vents faibles. Cette observation traduit la présence de sources d'émissions plutôt locales, l'accumulation de polluants se traduisant lors de conditions atmosphériques stables. Concernant la présence de la chaufferie, implantée au Nord-Ouest de la station, elle a pu influencer les concentrations, mais n'est pas la seule source présente sur la commune.

Ce graphique souligne également la présence de source de pollution plus lointaine, située dans un large quart sud-ouest du site de mesure et à l'origine de concentration plus moyenne rencontrées sur la station.

Aide à la lecture des roses de pollution : la position de chaque pixel du graphique dépend de la vitesse des vents (distance au centre de la figure) et de leur provenance (position par rapport aux axes cardinaux). Leur couleur est quant à elle déterminée par les concentrations moyennes rencontrées pour un régime de vent donné.



Bilan des mesures

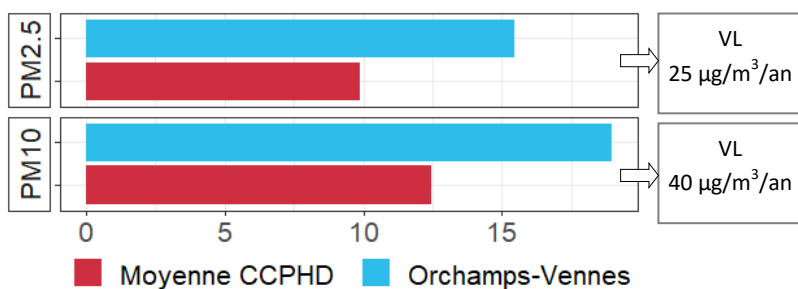
Site d'Orchamps-Vennes

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	Devant la crèche « les Choubidoubs »
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Proximité d'un public sensible, crèche et gymnase à proximité
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	93%

BILAN GLOBALE

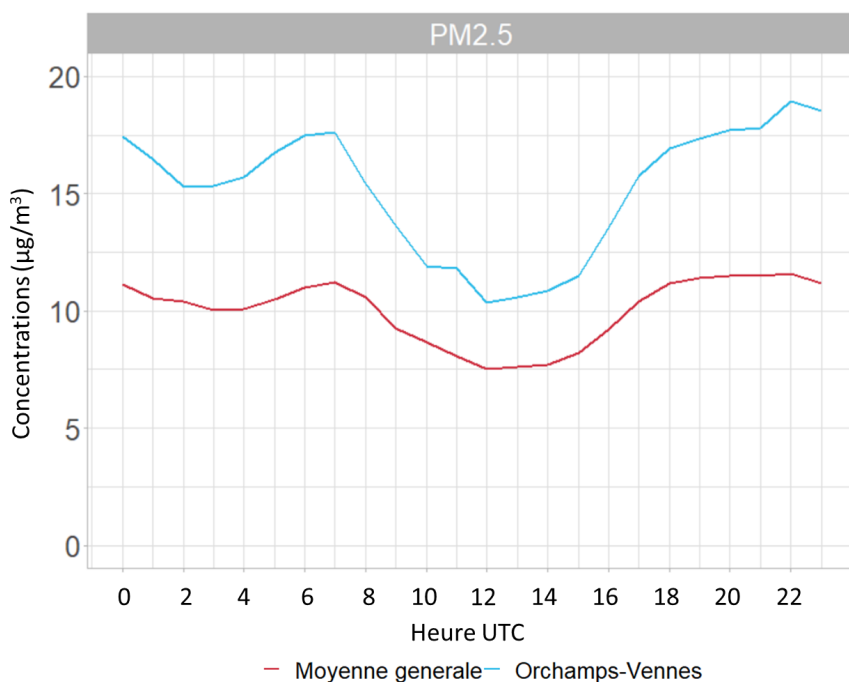


Les concentrations enregistrées sur le site d'Orchamps-Vennes sont très nettement supérieures aux concentrations moyennes enregistrées sur la CCPHD. Les concentrations sont d'ailleurs parmi les plus élevées enregistrées durant la campagne. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont cependant respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

D'après ce graphique, les concentrations sont systématiquement supérieures sur Orchamps-Vennes quelque que soit le moment de la journée. Ce graphique montre également une influence plutôt marquée du secteur résidentiel sur les niveaux avec des niveaux qui continuent d'augmenter au cours de la soirée contrairement au profil moyen des autres stations.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

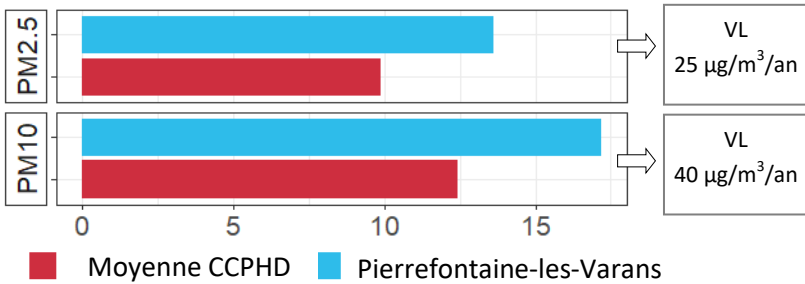
Site de Pierrefontaine-les-Varans

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	A proximité de la gendarmerie
Influence majoritaire	Résidentielle
Spécificités du site	Aucun
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	90%

BILAN GLOBALE

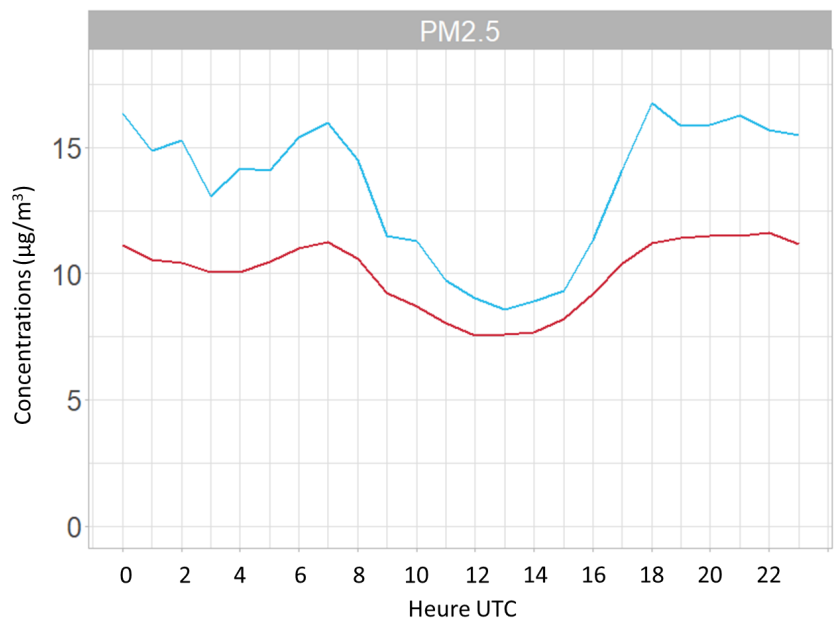


Les concentrations enregistrées sur le site de Pierrefontaine-les-Varans sont très nettement supérieures aux concentrations moyennes enregistrées sur la CCPHD. Les concentrations sont d'ailleurs parmi les plus élevées enregistrées durant la campagne. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont cependant respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

D'après ce graphique, les concentrations sont systématiquement supérieures sur Pierrefontaine-les-Varans. Ce graphique montre également un impact très marquée du secteur résidentiel sur les niveaux avec de grandes variations de concentrations, et des niveaux qui redescendent très peu au cours de la nuit.



— Moyenne générale — Pierrefontaine-les-Varans

Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

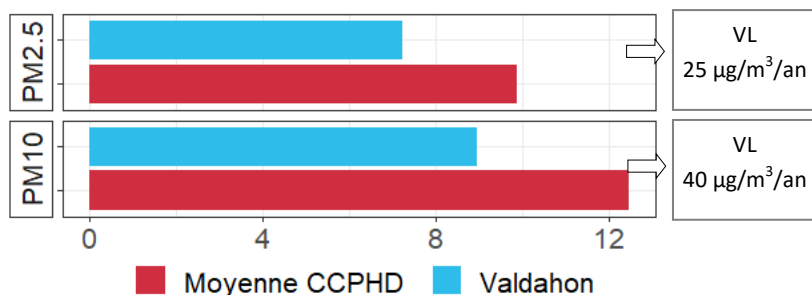
Site de Valdahon

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	Parking Ménétrier
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Ville la plus peuplée de la CCPHD et capteur implanté au même endroit que la mesure de référence
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	98%

BILAN GLOBALE

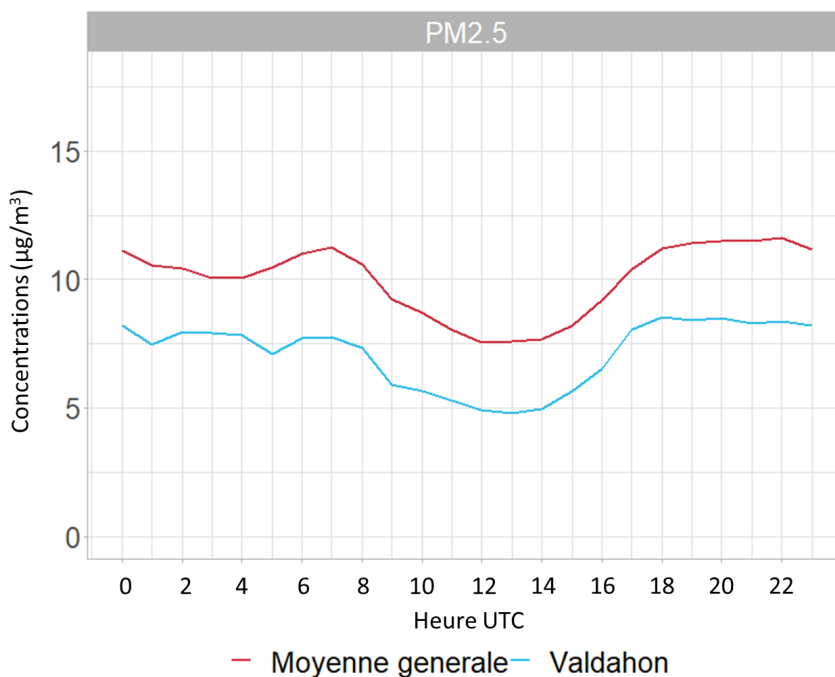


Les concentrations enregistrées sur le site de Valdahon sont inférieures aux concentrations moyennes enregistrées sur la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Sur Valdahon, le profil est relativement similaire au profil moyen sur la CCPHD ; les niveaux sont toutefois systématiquement inférieurs. Bien que le nombre de logements se chauffant au bois soit plutôt élevés, les faibles concentrations de particules fines au regard des autres sites pourraient être expliquées, entre autre, par le nombre important de logements récents sur Valdahon, mieux isolés et avec des systèmes de chauffages plus performants.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

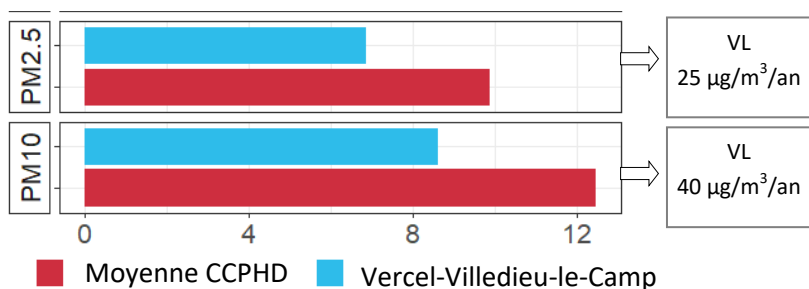
Site de Vercel-Villedieu-le-Camp

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	Champ à l'intersection entre la rue du Clos Bozard et le chemin du pot de Beurre.
Influence	Résidentielle
Spécificités du site	Aucune
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	99%

BILAN GLOBALE

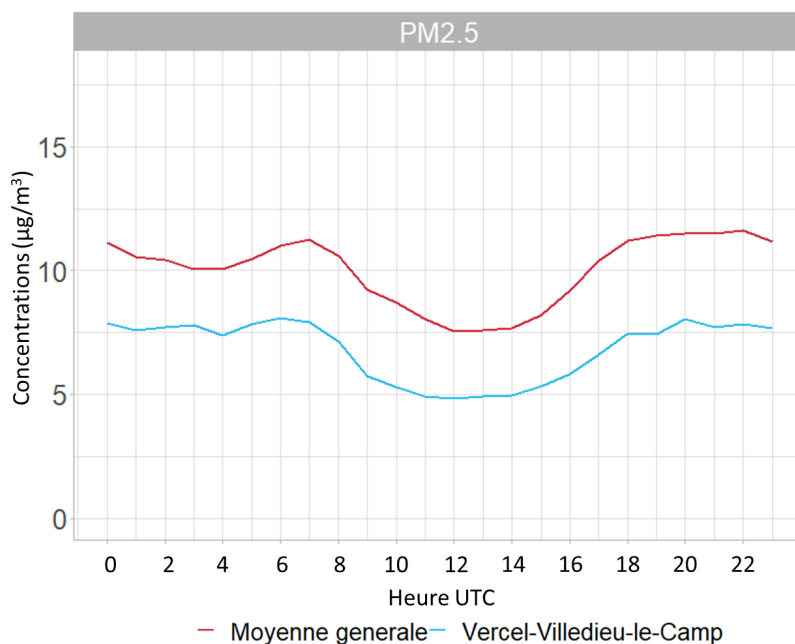


Les concentrations enregistrées sur le site de Vercel-Villedieu-le-Camp sont inférieures aux concentrations moyennes enregistrées sur la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Sur Vercel-Villedieu-le-Camp, le profil est similaire au profil moyen enregistré sur la CCPHD ; les concentrations restent cependant plus faibles et ce, tout au long de la journée.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

Bilan des mesures

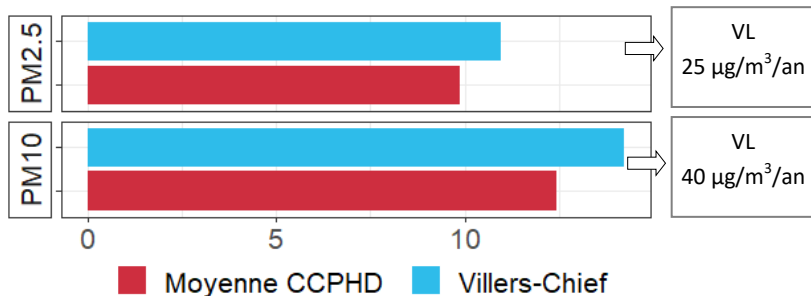
Site de Villers-Chief

CARACTÉRISTIQUES DU SITE



Emplacement	12 rue de Baume-les-Dames
Influence	Rurale
Spécificités du site	Pourcentage important de chauffage au bois sur la commune
Période	Du 08/12/2022 au 08/04/2023
Taux de fonctionnement	96%

BILAN GLOBALE

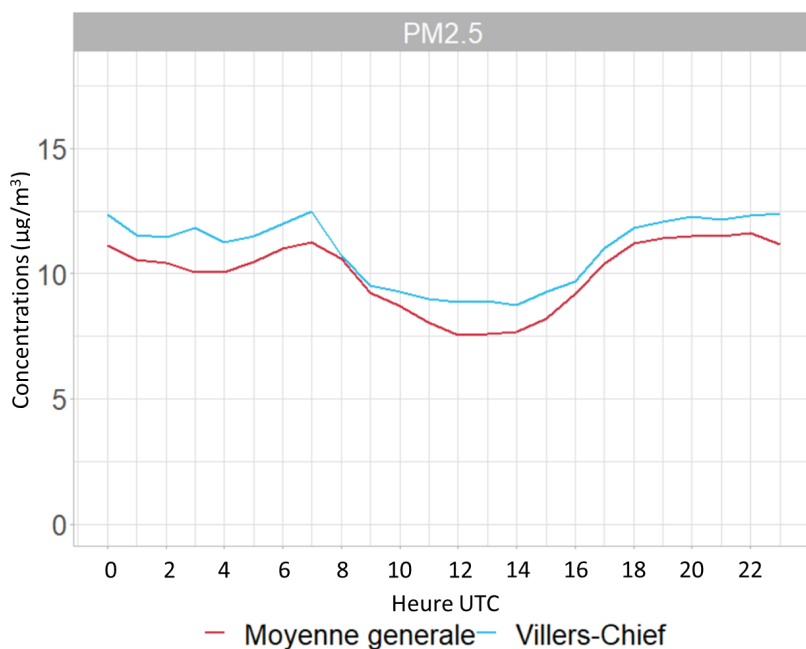


Le site de Villers-Chief visait à étudier les niveaux de pollution dans un village de petite taille, sous influence majoritairement rurale. Les concentrations enregistrées sur le site de Villers-Chief sont supérieures aux concentrations moyennes enregistrées sur la CCPHD. Les valeurs limites (VL) pour la santé humaine sont cependant respectées.

ANALYSE

La distribution bimodale du profil journalier horaire des PM2.5 illustre l'impact des activités humaines et plus particulièrement celui du trafic routier (aux heures de pointes) et du chauffage résidentiel. A noter, en fin de journée, et jusqu'au lever du soleil, l'accumulation des polluants tend à être renforcée du fait d'un brassage moindre de l'atmosphère.

Sur Villers-Chief, le profil est relativement similaire au profil moyen observé sur la CCPHD ; les concentrations sont toutefois supérieures. Compte tenu de la taille du village, ces résultats sont plutôt surprenant. Dans les petits villages, où le bois est souvent le combustible principal, les émissions tendent à être concentrées sur un secteur plus restreint, au cœur du village. A cela, s'ajoute le fait que les maisons sont souvent anciennes, et moins bien isolées qu'en ville ce qui pourrait expliquer pourquoi de tels niveaux sont parfois enregistrés.



Concentrations moyennes en PM2,5 au cours d'une journée

RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-bfc.org



Atmo Bourgogne-Franche-Comté
37 rue Battant, 25000 Besançon
Tél. : 03 81 25 06 60
Fax : 03 81 25 06 61
contact@atmo-bfc.org
www.atmo-bfc.org